Laboratoriumsuntersuchungen über die Widerstandsfähigkeit dünn- und dickschaliger Nematodeneier gegenüber differenten Umweltbedingungen

(Temperatur, Sauerstoffabschluß und Trockenheit)

Wulf Lünsmann

1972

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546014_0021

Aus dem Zoologisch-Parasitologischen Institut
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Vorstand: Prof.Dr.Dr.h.c. H. Liebmann

LABORATORIUMSUNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE WIDERSTANDSFÄHIGKEIT DÜNN- UND DICKSCHALIGER NEMATODENEIER GEGENÜBER DIFFERENTEN UMWELTBEDINGUNGEN (TEMPERATUR, SAUERSTOFFABSCHLUSS UND TROCKENHEIT)

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Wulf Lünsmann
aus
Bochum

München 1972

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen
Fakultät der Universität München

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Prof.Dr.J. Boessneck

Referent: Prof.Dr.Dr.h.c.H. Liebmann

Korreferent: Priv.-Doz.Dr.H.E. Krampitz

Tag der Promotion: 14. Juli 1972

MEINER LIEBEN MUTTER

IN DANKBARKEIT

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

I. EINLEITUNG 5

II. LITERATUR 6

1) Vorkommen und Verbreitung von Wurmeiern 6

2) Widerstandsfähigkeit der Wurmeier 8

a) Aufbau der Eier 8

b) Widerstandsfähigkeit im Boden 9

c) Widerstandsfähigkeit in Klärsystemen 12

d) Widerstandsfähigkeit gegenüber natürlichen Umwelteinflüssen, Chemikalien, UV-Licht und Druck 14

e) Widerstandsfähigkeit gegenüber Temperatur, Trockenheit und Sauerstoffmangel 17

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN 23

A. Material und Methodik 23

1) Spulwurmeier 23

a) Materialbeschaffung 23

b) Versuchsvorbereitung 23

c) Durchführung der Versuche 24

d) Kriterien zur Eibeurteilung und Errechnung der Schädigungsquote 26

e) Mäuseversuche 28

2) Knötchenwurmeier 29

a) Materialbeschaffung 29

b) Versuchsvorbereitung 29

c) Durchführung der Versuche 30

d) Kriterien zur Eibeurteilung und Errechnung der Schädigungsquote 33

Seite

B. Ergebnisse 34

1) Ergebnisse der Larvenzüchtung bei dickschaligen Eiern (Ascaris suum) 34

a) Kontrollversuche 34
b) Versuche bei -20° C 35
c) Versuche bei +3° C 41
d) Versuche bei Zimmertemperatur (18 - 20° C) 45
e) Versuche bei +40° C 49
f) Versuche bei +50 und 60° C 55
g) Mäuseversuche 55

Abbildungen von Askarideneiern und -larven 57

2) Ergebnisse der Larvenzüchtung bei dünnschaligen Eiern (Oesophagostomum) 61

a) Kontrollversuche 61
b) Versuche bei -20° C 64
c) Versuche bei +3° C 69
d) Versuche bei Zimmertemperatur (21 - 23° C) 77
e) Versuche bei +40° C 82

Abbildungen von Oesophagostomumeiern und -larven 88

IV. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE 92

V. ZUSAMMENFASSUNG 98
SUMMARY 101

VI. LITERATURVERZEICHNIS 104

LEBENSLAUF 117

I. EINLEITUNG

Um eine wirkungsvolle Prophylaxe gegenüber den weit verbreiteten Wurmseuchen zu erreichen, ist in den letzten Jahren das Augenmerk zusätzlich auf eine einwandfreie Abwässerklärung gerichtet worden. Trotz aller Bemühungen ist der Parasitenbefall unter den Haustieren noch sehr stark. Dies muß in einer intensiven Viehwirtschaft, wie sie bei uns betrieben wird, erheblichen wirtschaftlichen Schaden anrichten.

Es ist daher von größter Wichtigkeit für die Veterinärmedizin und die Landwirtschaft, für eine Beseitigung dieser für Mensch und Tier bestehenden Gefahrenquelle zu sorgen. Voraussetzung dafür ist eine genaue Kenntnis der Widerstandsfähigkeit von Wurmeiern.

Zahlreiche Untersuchungen in den letzten Jahren auf diesem Gebiet in Freiland- und Laborversuchen kamen dabei zu unterschiedlichen Ergebnissen, jedoch war bei allen Versuchen der Einfluß der drei für eine Entwicklung der Wurmeier wichtigen Faktoren, Feuchtigkeit, Sauerstoff und Wärme, nicht zu übersehen.

Mir wurde deshalb von Herrn Professor Dr. Dr. h.c. H. LIEBMANN die Aufgabe gestellt, in Laborversuchen zu klären, inwieweit sich das Fehlen oder Veränderungen dieser Faktoren auf die Lebensfähigkeit von Wurmeiern auswirkt. Besonderer Wert wurde dabei auf das Verhalten dünnschaliger Eier gelegt und in welchem Maße sie sich unter denselben Bedingungen von den dickschaligen unterscheiden.

II. LITERATUR

1) Vorkommen und Verbreitung von Wurmeiern

Durch die zunehmende Zahl der Bevölkerung nimmt die Dichte, besonders in den Ballungszentren, mehr und mehr zu. Dementsprechend groß ist auch die Gefährdung durch die in das Abwasser gelangenden Wurmeier und pathogenen Keime. Durch den Bau von Kläranlagen soll auch diese Gefahr gebannt oder zumindest verringert werden. "Die Aufgabe einer Kläranlage ist es, die im Abwasser enthaltenen anorganischen und organischen Schmutzstoffe zurückzuhalten. Dies geschieht in der Regel durch den mechanischen und durch den biologischen Teil einer Kläranlage. Neben der Zurückhaltung von Schmutzstoffen müssen beim Betrieb einer Kläranlage die seuchenhygienischen Gesichtspunkte beachtet werden, denn es muß neben der Zurückhaltung von anorganischen und organisch fäulnisfähigen Substanzen auch dafür gesorgt werden, daß eine Zurückhaltung und Vernichtung von pathogenen Keimen und Wurmeiern gewährleistet wird, die mit dem Rohabwasser in die Kläranlage gelangen (LIEBMANN, 1965)." Nichtbeachtung dieser hygienischen Forderungen kann schwerwiegende Folgen nach sich ziehen, wie es bei der Wurmverseuchung in Darmstadt der Fall war (BAUMHÖGGER, 1948; REINHOLD, 1948). Ebenso berichten SCHROEDER (1949), SEISER (1949), GÄRTNER und MÜTING (1949) und LIEBMANN (1964/65), daß der ursächliche Grund einer Verwurmung die Verwendung von ungeklärtem Abwasser und Fäkalien zur Düngung ist. Die Wichtigkeit eines einwandfreien Klärsystems geht deutlich aus den Untersuchungen von REINHOLD (1948), ZARTNER (1951), SCHROEDER (1949), LEHMANN (1954) und FORSTNER (1960) hervor, welche die Wurmeier im täglich anfallenden Abwasser in verschiedenen Städten gezählt ha-

ben. Ihre Angaben werden durch die neueren, von LIEBMANN (1964 und 1965) in verschiedenen Großstädten Europas, Nordafrikas und Japans durchgeführten Untersuchungen dahingehend vervollständigt, daß in Städten von über einer Million Einwohner pro Tag eine Milliarde Wurmeier im Rohabwasser zu finden sind. Diese Zahl wird in den außereuropäischen Ländern noch übertroffen. Die am häufigsten auftretenden Eier sind nach LIEBMANN (1955)

a) vom Menschen: Ascaris lumbricoides, Trichuris trichiura, Oxyuris vermicularis, Taenia saginata;

b) vom Haustier: Schweine- und Kälberaskariden, Magen- und Darmstronglyden.

Den größten Anteil der im Rohabwasser vorhandenen Eier stellen die Eier von Haustierparasiten mit 90 %, während der Anteil der menschlichen Wurmeier nur bei 10 % liegt, in den tropischen Ländern bei 30 % (LIEBMANN, 1966). Diese hohe Zahl der vom Tier stammenden Parasiteneier macht verständlich, daß der Gehalt an Wurmeiern im Abwasser in Städten mit einem Schlachthof an Schlachttagen merklich zunimmt (LEHMANN, 1954; FORSTNER, 1960).

Der hohe Verwurmungsgrad der Haustiere wird durch die Untersuchungen von LIEBMANN und BOCH (1959) belegt. Nach ihnen ist fast jedes Pferd und jeder kleine Wiederkäuer von Parasiten befallen, bei Schweinen liegt der Prozentsatz der befallenen Tiere bei 66 %, Rinder beherbergen zu 47 % Parasiten. Der dadurch anfallende Verlust ist dementsprechend sehr groß. NEUHAUS und SIX (1965) ermittelten den jährlich in der Bundesrepublik nur durch Leberegelbefall entstehenden Verlust mit 180 Millionen DM. Dabei sind noch nicht einmal die zweifelsohne auftretenden Milchrückgänge mit eingeschlossen, die nach ENIGK (1957) 10 - 30 % betragen.

2) Widerstandsfähigkeit der Wurmeier

a) Aufbau der Wurmeier

Die Resistenz der Wurmeier gegenüber gewissen schädigenden Faktoren ist abhängig vom Aufbau der Eischale. Im Falle der Spulwurmeier liegen genaue Untersuchungen vor, da ihre große Widerstandsfähigkeit gegenüber extremen Bedingungen bekannt ist.
Nach BORCHERT (1970) ist die äußere der fünf am Aufbau beteiligter Schichten die sog. Eiweißschicht, die aus Glykosamin besteht und sich durch die im Kot befindlichen Gallefarbstoffe bräunlich verfärbt. Sie ist klebrig-schleimig und besitzt deshalb eine gute Haftfähigkeit und bietet Schutz gegen Austrocknung. Die Eiweißschicht ist netzförmig und von Fibrillen durchsetzt. Die mittlere, stark lichtbrechende Schicht, auch Membrana lucida genannt, setzt sich aus drei chitinösen Hüllen zusammen, die den Einhalt zwar gegen mechanische Einflüsse, nicht aber gegen Chemikalien schützt. Diese Schicht besteht aus stark verzweigten Mikrofasern. Die innen liegende Membrana vitellina ist eine Lipoidschicht, die semipermeabel und fibrillär gebaut ist und hauptsächlich einen aus Palmitinsäure und Alkohol aufgebauten, fettartigen Körper darstellt. Sie ist nur für Sauerstoff und lipoidlösliche Stoffe permeabel und schützt das Innere gegen den Einfluß zahlreicher Chemikalien.

Einen ähnlichen Aufbau wies DINNIK (1949) bei Eiern von Nematoden der Unterordnung Trichocephalata nach. Angaben über den Aufbau von dünnschaligen Eiern aufgrund elektronenmikroskopischer und chemischer Untersuchungen konnten in der Literatur nicht gefunden werden.

b) Widerstandsfähigkeit im Boden

Über die Lebensfähigkeit der Parasiteneier in Böden finden sich die verschiedensten Angaben. Nach MÜLLER (1952/53) überleben Askarideneier sieben Jahre lang in Gartenerde. Ihre noch bestehende Infektionsfähigkeit bewies er im Menschenversuch. Auch LENTZE (1932) und RUF (1955) halten eine eventuelle jahrelange Lebensfähigkeit für möglich, falls die Umweltbedingungen günstig sind. Dies wird durch die neueren Arbeiten von KIZEVAL'TER und DEREVICKAJA (1968) bestätigt. Im Gegensatz zu diesen Autoren sind PLÖSSL (1950), RENNER (1951) und ZARTNER (1951) der Meinung, daß die Askarideneier nach ca. 1 Jahr degenerieren.
Bei der Beurteilung der Widerstandsfähigkeit von Wurmeiern im Erdboden ist zu beachten, daß die Eier zur Entwicklung und zur Erhaltung der Lebensfunktion Feuchtigkeit, Sauerstoff und eine gewisse Temperatur benötigen. Zu berücksichtigen wären außerdem noch die verschiedenen Bodenarten.
Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen in für die Eier ungünstige Bereiche haben ein schnelleres Abtöten zur Folge. So stellte SCHLIEPER (1949) fest, daß in sandiger Erde die Eier nach einigen Sommerwochen abgetötet sind, falls keine Neuanfeuchtung des Bodens stattfindet. GERMANS (1954) und RUF (1955) bestätigen, daß unter diesen Bedingungen eine schnelle Schädigung und Degeneration der Spulwurmeier durch Austrocknung hervorgerufen wird. Der Wassergehalt für eine längere Lebensfähigkeit der Eier muß mindestens bei 6 % liegen (GERMANS, 1954). Auch JAUD (1953) stellt in seinen Untersuchungen einen Zusammenhang zwischen der Feuchtigkeit des Bodens und der größeren Überlebensfähigkeit und dem damit verbundenem höheren Verwurmungsgrad fest. In Gegenden mit hohem Grundwasserspiegel, feuchtem Schwemmland und Moorwiesen ist

der Parasitenbefall stärker als auf trockenem Lehm- und Lössgebiet. Folglich sind es nicht besondere geologische Verhältnisse, sondern gewisse hydrologische Gegebenheiten, die den höheren Parasitenbefall bedingen.
Außerordentlich empfindlich gegen nur geringgradige Trockenheit und Sonnenbestrahlung sind die dünnschaligen Eier von Fasciola hepatica, die nach einem 1-monatigen Aufenthalt auf Wiesen degeneriert waren, während in Kot gelagerte Eier, der einen gewissen Schutz gegenüber diesen Umweltseinflüssen darstellt, unter denselben Umständen nicht geschädigt wurden (SPENGLER, 1955).
MINTZLAFF (1968) untersuchte die Widerstandsfähigkeit der Eier von Taenia pisiformis unter Berücksichtigung von Temperatur und Feuchtigkeit in verschiedenen Bodenarten im Labor und im Freilandversuch. Bei Trockenheit und einer Temperatur von -8^{o} C waren die Eier nach drei Wochen im Sand und Lehm abgetötet. In feuchtem Milieu und bei derselben Temperatur waren die Eier erst nach acht Wochen zerstört. Trockenheit und 30^{o} C bewirkte eine noch schnellere Abtötung, im Sand waren sie nach zwei Wochen, im Lehm nach drei Wochen nicht mehr infektiös, während bei Anwesenheit von Feuchtigkeit eine vollständige Degeneration in zehn Wochen stattfand. - Die Freilandversuche im Winter ergaben eine ziemlich lange Überlebensdauer, während sie auf der Erdoberfläche nach neun Wochen abgetötet waren, hatten sie im Kies nach zwölf, in den spez. schweren Böden (Lehm, Humus) nach neunzehn Wochen ihre Ansteckungsfähigkeit noch nicht verloren. Die im Sommer durchgeführten Versuche bestätigten, daß die in der Erde gelagerten Eier länger überleben, sie waren nach zwölf Wochen abgetötet, die auf der Erdoberfläche schon nach neun Wochen. - Parallel durchgeführte Versuche mit Proglottiden ergaben, daß sie eine größere

Resistenz besitzen. Die von KALBE (1955) durchgeführten Untersuchungen mit Eiern des menschlichen Spulwurms bestätigen diese größere Überlebensfähigkeit im Erdboden. Unter natürlichen Witterungsbedingungen (Temperaturschwankung 4 - 25° C) waren die an der Oberfläche gelagerten Eier nach zwölf Wochen zu 66-79 % abgetötet, die 3 cm tief im Boden gelagerten Eier nur zu 41-49 %. Schädigende Umweltseinflüsse kommen also bei im Boden gelagerten Wurmeiern nicht so stark zur Wirkung. - Der schädigende Einfluß von Trockenheit und Sonneneinstrahlung geht gut aus folgenden Zahlen hervor: Bei trockener Lagerung im Sonnenlicht waren bei Temperaturen von 5-25° C nach vier Wochen alle Eier abgetötet, ohne Sonneneinwirkung erst nach zwölf Wochen. Bei feuchten Böden war die Schädigungsquote geringer, nach zwölf Wochen mit Sonnenlicht waren 73-77 % zerstört, ohne nur 20-27 %.

Neben den schon erwähnten Autoren, welche eine mehr als einjährige Überlebensfähigkeit der Askarideneier bejahen, stellte SPENGLER (1955) ebenfalls fest, daß tiefe Temperaturen im Winter diese dickschaligen Eier nicht schädigen, während Strongylideneier zum größten Teil vernichtet werden und Leberegeleier bei Temperaturen zwischen -5,5 und -16,5° C schon nach 8 Tagen restlos zerstört sind. Nach DRUDGE (1958) können die Vermehrungsstadien der kleinen Magenfadenwürmer überwintern, während keine Anzeichen dafür sprechen, daß diese auch bei Oesophagostomum radiatum dazu in der Lage sind.

Neben diesen physikalischen Faktoren, welche die Widerstandsfähigkeit im Boden beeinflussen, wird die Entwicklung und Lebensfähigkeit von Nematoden und ih-

ren Eiern auch von Pilzen beeinträchtigt. So fand DUDDINGTON (1954) in 49 Erdproben 82 verschiedene nematodenzerstörende Pilze, die nach LYSEK (1963) direkt auf die Nematoden, ihre Larven oder auf ihre Eier einwirken.

c) Widerstandsfähigkeit in Klärsystemen

Die im täglichen Abwasser anfallenden Wurmeier gelangen bei der mechanischen Vorreinigung über Rechen und Sandfang ins Absatzbecken, wo sie nach anderthalb bis zwei Stunden (REINHOLD, 1948; LIEBMANN, 1953) abgesunken sind und sich im Schlamm angereichert haben. "Eine Verwertung dieses beim Klärprozeß anfallenden Schlamms ist stets seiner Beseitigung vorzuziehen"(LIEBMANN, 1966/1) , die Voraussetzung hierfür ist jedoch "die hygienische Unbedenklichkeit dieses Schlammes"(FORSTNER, 1970) . Die Unschädlichmachung der Wurmeier geschieht in sog. Faultürmen, entweder in unbeheizten oder beheizten bei Temperaturen von 28-34° C. Der Abbau der organischen Substanzen erfolgt im alkalischen Milieu unter Sauerstoffabschluß durch Methanbakterien (LIEBMANN, 1950). Auf die Frage, inwiefern außer den fermentativen Prozessen auch das Fehlen von Sauerstoff einen Einfluß auf die Lebensfähigkeit von Wurmeiern hat, sollen die Untersuchungen dieser Arbeit eine Antwort geben. In den "vorläufigen Richtlinien für die landwirtschaftliche Abwasserverwertung" wird für die unbeheizten Faultürme eine 3-monatige, für die beheizten eine 2-monatige Ausfaulzeit gefordert.

Die Untersuchungen von PLÖSSL (1950), RENNER (1950), ZARTNER (1951), LEHMANN (1954), KALBE (1955), STROH (1961), FORSTNER (1961), MENSCHEL (1963, 1964) und LIEBMANN (1953, 1966/2) brachten einige widersprüchliche Ergebnisse dahingehend, ob in dieser Zeit eine

100 %ige Abtötung sämtlicher Wurmeier erfolgt oder nicht. Diese unterschiedlichen Resultate sind dadurch bedingt, daß die Versuche mal unter Laboratoriumsbedingungen, mal unter natürlichen Bedingungen im Emscherbrunnen durchgeführt wurden. Ein weiterer Grund für die verschiedenen Ergebnisse liegt in der unterschiedlichen Beurteilung der Eier, die teils nur nach morphologischen Gesichtspunkten durchgeführt wurde, teils durch den Infektionsversuch.

In Hausklärанlagen ist nach FURCHNER (1952) und LIEBMANN (1963) sogar eine Fäulniseinwirkung von zehn bis zwölf Monaten erforderlich, um auch die Askariden- und Taenieneier abzutöten. LIEBMANN (1955) erklärt diese große Zeitdifferenz damit, daß in den kleinen Faulräumen, die bei stoßweiser Belastung rasch durchflossen werden, oft eine saure Gärung bei Sauerstoffzutritt überwiegt und weil sie nicht so gut gewartet werden wie die Emscherbrunnen.

Die Ursache für eine Vernichtung der Wurmeier in den Faultürmen führt LIEBMANN (1953) auf ihre Empfindlichkeit gegenüber längerer Einwirkung von Fäulnisstoffen zurück.
Neuere Arbeiten von FORSTNER (1968, 1970) zeigen, daß nicht alle Eier von Ascaris suum und Taenia pisiformis nach 3-monatigem Aufenthalt in unbeheizten oder nach 4-wöchigem Aufenthalt in beheizten Faultürmen zerstört sind. Es tritt nur eine reversible Entwicklungshemmung ein, während die dünnschaligen Eier von Fasciola hepatica nach diesen Faulzeiten nicht mehr in der Lage sind, schlüpffähige Mirazidien zu bilden.
Um eine völlige Vernichtung der Wurmeier zu erreichen, schlagen LIEBMANN und OFFHAUS (1960) deshalb eine Sterilisierung des Frischschlamms durch Erhitzung auf

100-120° C für eine Dauer von 15-20 Minuten vor, während MUDRACK (1966) die hygienische Unbedenklichkeit mit Hilfe der Schlammpasteurisierung bei 70° C über 15-20 Minuten anstrebt.
Diese temperaturbedingte Abtötung ist besonders bei Klärsystemen nach den Belebtschlammverfahren erforderlich, in denen das Abwasser durch Mikroorganismen auf aerobem Weg gereinigt wird, da Untersuchungen von MARTIN (1964), HAMM (1964/65), SCHÄTZLE (1969) und GÜNTHÖR (1970) zeigen, daß durch diese aerobe Schlammstabilisierung keine Schädigung der Eier erreicht wird. Die Eier des kleinen und großen Leberegels waren nach drei Monaten nur zu einem geringen Prozentsatz geschädigt, Askariden- und Taenieneier erweisen sich sogar nach sieben Monaten noch infektionsfähig.

d) Widerstandsfähigkeit gegenüber natürlichen Umwelteinflüssen, Chemikalien, UV-Licht und Druck

Besondere Aufmerksamkeit ist in der Landwirtschaft den natürlichen Arbeitsprozessen, wie Futter- und Düngerherstellung, in bezug auf eine Verbreitung der Wurmseuchen zu schenken. So untersuchte SPENGLER (1955) die Resistenz dünn- und dickschaliger Eier bei der Heugewinnung. Nur bei der maschinellen Braunheugewinnung, bei der Temperaturen von 72° C erreicht werden, sterben alle Wurmeier ab, während sich Askariden-, Strongyliden- und Taenieneier gegenüber den Einwirkungen bei der üblichen Dürrheugewinnung (4 Tage lang) und der Gerüsttrocknung (4 Wochen lang) als resistent erweisen. Nur Leberegeleier sterben zu 100 % ab. Bei der Heustockgärung verlieren die Eier nur dann ihre Entwicklungsfähigkeit, wenn Temperaturen von über 45° C erreicht werden.

Eine erhebliche Widerstandsfähigkeit zeigen Wurmeier auch gegenüber den verschiedenen Düngerherstellungsmethoden. SCHRÖTTLE (1955) stellte fest, daß in gestapeltem Mist bei 40° C Eier von Strongylus vulgaris nach 15 Tagen abgestorben sind, Eier von Fasciola hepatica bis zu 35 Tagen, Eier von Ascaris suum bis zu 65 Tagen lebensfähig bleiben. Bei 50° C erfolgt die Abtötung noch schneller und zwar bei Eiern von Strongylus vulgaris in 5, bei Leberegeleiern in 10 und bei Spulwurmeiern in 19 Tagen. Erheblich kürzere Abtötungszeiten fanden BORCHERT und KALBE (1955) bei der natürlichen Kompostierung. Schon nach dreitägigem Aufenthalt zeigten sich Störungen in der Embryonalentwicklung und nach vier Tagen unterblieb die Furchung der Dottermasse bei menschlichen Spulwurmeiern. Ursache für diese schnellere Vernichtung ist wahrscheinlich die höhere Temperatur. Die Mieten bei BORCHERT und KALBE erreichen nach vier bis sechs Tagen schon 45-65° C.
LOCHER (1954) ermittelte die Lebensdauer von Leberegeleiern in Gülle und Jauche mit 35 Tagen, die der Eier von Taenia pisiformis mit 30 Tagen, während Askarideneier erst nach zwei Monaten entwicklungsunfähig waren. Im Schwemmist, der eine ähnliche Zusammensetzung wie Gülle bei höherem Wasseranteil und verschiedenem Einstreumaterial hat, überleben nach ENIGK (1965) Leberegel- und Taenieneier 76 Tage, Spulwurmeier 85 Tage zu 70 % bei einer Temperatur von 8° C. Bei einer Erhöhung auf 18° C sinkt die Widerstandsfähigkeit der Eier beachtlich. Aufgrund dieser langen Überlebenszeiten fordert ENIGK (1965) eine Verarbeitung des Grases von Wiesen, die mit Schwemmist gedüngt wurden, zur Silage.

Nach Ansicht von PAVLOV (1958) bleiben in siliertem Futter Askarideneier bis zu 6 Monaten lebensfähig. WALLNER (1956) stellt einen Zusammenhang zwischen Ab-

tötungszeit und Temperatur im Silo fest. So sind Askarideneier unter 30° C nach einer Zeit von vier Monaten zu 2/3 in ihrer Entwicklungsfähigkeit geschädigt, während in Silos über 40° C alle Eier nach 30 Tagen abgetötet sind.
Alle Autoren weisen darauf hin, daß der Sauerstoffmangel keinen Einfluß auf eine Zerstörung der Eier hat, sondern daß die Temperatur und fermentative Prozesse bei der Gärung dafür verantwortlich sind.

Sehr resistent sind Wurmeier auch gegen höheren Druck. Während MÜLLER (1951) keine irreversiblen Schäden nach Einwirkung von 4,5 atü feststellen kann, beweist LIDLE (1954), daß auch die dünnschaligen Eier von Strongylus vulgaris und Fasciola hepatica Drucke bis zu 225 atü, zum Teil mit raschem Druckwechsel, bis zu 72 Stunden aushalten.

Den Einfluß von Chemikalien auf Wurmeier untersuchten LENTZE (1932), LIEBMANN (1953), FIEGEL (1954) und GERMANS (1954). Sie sind einstimmig der Überzeugung, daß Chemikalien nicht in der Lage sind, in kurzer Zeit Wurmeier abzutöten. Außerdem ist eine Verwendung aufgrund ihrer Giftigkeit in der Landwirtschaft genauso abzulehnen (SCHUBERT, 1947; GERMANS, 1954), wie eine Abwasser- und Klärschlammbehandlung, da sie nicht nur die wichtigen Methanbakterien vernichten, sondern auch die Düngewirkung des Schlamms beeinträchtigen würden (LIEBMANN, 1953).

Gegenüber UV-Licht zeigen Wurmeier, dickschalige wie dünnschalige, nur eine geringe Resistenz. Die Abtötungszeiten liegen nach LÜHRS (1938), GERMANS (1954), RUF (1955) und BUCHWALDER (1966) zwischen einer und zwanzig Minuten, je nach Art und Dosis der Bestrahlung. GERMANS (1954) fand heraus, daß die Widerstands-

fähigkeit in ursächlichem Zusammenhang mit der Wellenlänge der UV-Strahlen steht, bei einer Wellenlänge bis 248 mü genügt bereits eine Minute, während bei einer größeren Wellenlänge von 312 mü und mehr selbst nach 30 Minuten noch keine Schädigung zu erkennen ist. Bestätigt werden diese Angaben durch JETTMAR und EXNER (1951) und BUCHWALDER (1966), die eine schädigende Wirkung des natürlichen langwelligen UV-Lichtes erst nach Stunden feststellten.

Der Einfluß von radioaktiven Gamma-Strahlen (Cs-137) auf die Lebensfähigkeit von Wurmeiern ist nach SAUER (1969) um so größer, je weiter die Eier embryoniert sind.

e) Widerstandsfähigkeit gegenüber Temperatur, Trockenheit und Sauerstoffmangel

Zunächst sei darauf hingewiesen, daß diese unter Laborbedingungen durchgeführten Versuche sich fast alle auf Askarideneier beziehen.

Temperatur

Eine aktive Entwicklung der Wurmeier ist nur möglich innerhalb einer gewissen Temperaturspanne. Die Mindesttemperatur für eine Embryonierung liegt nach übereinstimmenden Angaben bei 8° C (MÜLLER, 1950; PLÖSSL, 1950; FURCHNER, 1952; LIEBMANN, 1953; GERMANS, 1954; RUF, 1955), während die Ansichten über die kritische Höchsttemperatur auseinandergehen. So liegt sie nach PLÖSSL (1950), FURCHNER (1952) und LIEBMANN (1953) bei 39° C, während GERMANS (1954), RUF (1955) und YASURAOKA (1969) feststellten, daß Temperaturen von 37° C mit Sicherheit schädigend auf die Eier wirken.

Eier von Hymenolepis diminuta entwickeln sich zwar bei dieser Temperatur im Zwischenwirt Tribolium confusum (amerikanischer Reismehlkäfer) zum Cysticercoid, jedoch stellen sich meistens Mißbildungen ein (VOGE, 1958), während die Eier von Hymenolepis nana bis zu 42° C entwicklungsfähig, aber nur bis zu 39,5° C infektionsfähig sind.

Die Entwicklungsgeschwindigkeit innerhalb dieses Temperaturbereichs wird langsamer, je tiefer die Temperaturen sinken. Bei 29-30° C haben sich nach GERMANS (1954) und LIEBMANN (1953) in zehn bis fünfzehn Tagen alle Eier zu Larven entwickelt. Bei 15° C dauert diese Entwicklung nach LIEBMANN (1953) zwei bis vier Wochen, nach MÜLLER (1950) dreißig Tage, vierzig Tage nach KALBE (1955/56) und bei 8° C sogar monatelang (MÜLLER, 1950).

Eine Lagerung der Eier außerhalb dieses die Entwicklung ermöglichenden Temperaturbereichs bedingt zunächst eine Entwicklungshemmung mit einer, je nach Länge der Zeit, reversiblen oder irreversiblen Schädigung.
Einen möglichst genauen Überblick über die Einwirkung höherer Temperaturen sollen folgende Aufstellungen verschiedener Autoren vermitteln:

LENTZE (1932): Eier von Ascaris suum werden zerstört
bei 55° C in 50 Sekunden
bei 60° C in 5 "
bei 65° C in 2 "
bei 70° C in 1 Sekunde.

JETTMAR und EXNER (1951): Versuche mit Ascaris lumbricoides und Trichuris trichiura
Bei 50° C bleiben nach 50 Minuten die meisten Eier entwicklungsfähig, erst nach anderthalb bis zwei Stunden sind fast alle Eianlagen zerstört.

Bei 55° C sind die Eier nach zwei bis vier Minuten abgetötet.

Bei 60° C sind nach zehn Sekunden 50 %, nach 25-30 Sekunden alle degeneriert.

Bei 70, 80 und 90° C erfolgt eine irreversible Schädigung innerhalb von zwei Sekunden.

Die Versuche zwischen 40 und 50° C führten sie mit Eiern von Ascaris megalocephala durch:

Bei 45° C entwickeln sich nach 19 Stunden noch 30 % der Eier.

Bei 46° C sind nach 16,5 Stunden und

bei 48° C nach 7 Stunden alle Eier abgetötet.

FRENZEN (1954): Versuche mit Ascaridia galli

Bei 50° C sind schon nach fünf Minuten alle Eier zerstört.

Bei 60° C genügt eine Minute zur 100 %igen Abtötung.

GERMANS (1954): Versuche mit Ascaris suum

Bei 40° C sind nach acht Stunden nur 2 % der Eier degeneriert,

bei 45° C sind es nach drei Stunden 18 % und

bei 50° C sind nach einer halben Stunde sämtliche Eier nicht mehr fähig, sich zu entwickeln.

Ab 60° C wird also eine schnelle Zerstörung der Eier erreicht.
Würde man die Schädigungsquote mit zunehmender Temperatur in einer Kurve darstellen, so bekäme man eine stetig ansteigende Kurve. Es findet keine abrupte Schädi-

gung statt, wie ITAGAKI (1925) behauptet. Bei ihm war nach 5-minütiger Einwirkungszeit von 53° C kein Ei zerstört, während nach derselben Zeit bei 54° C alle Eier degeneriert waren.
Widersprüchliche Angaben sind über den Einfluß von 4° C auf Askarideneier zu finden. KALBE (1955/56) konnte nach einer 3-monatigen Einwirkungszeit keine Entwicklung mehr feststellen, während JONAS (1970) nach dieser Zeitspanne bei Überführung in optimales Milieu noch in 91,7 % der Eier die Ausbildung von Larven beobachtete.

Gegenüber Temperaturen unter dem Gefrierpunkt sind Wurmeier sehr resistent. Nach 8-wöchigem Aufenthalt bei -10° C sind noch 95 % der Eier in der Lage, sich zu reifen Embryonen zu entwickeln; bei -20° C sind es nach 4 Wochen noch 86 % (GERMANS, 1954). In Versuchen von JONAS (1970) entwickeln sich aus Eiern, die 1 Monat bei -25° C gehalten wurden, noch 9,2 % Larven, nach zwei Monaten noch 2,3 %. BUCHWALDER (1966) meint, daß nach 3-tägiger Lagerung bei -30° C eine 100 %ige Abtötung erfolgt.

Die Widerstandsfähigkeit gegenüber tiefen Temperaturen sinkt, wenn die Eier zwischendurch aufgetaut werden. Nach 10-maligem Gefrier- und Auftauprozeß entwickeln sich noch 53 % Larven, nach 30-maligem Einfrieren nur noch 18 %, die jedoch Degenerationserscheinungen aufwiesen, während die Eier von Trichuris trichiura nach dieser Zeit sämtlich abgetötet sind (JETTMAR und EXNER, 1951).

Trockenheit

Die Auswirkungen der Trockenheit auf Wurmeier unter natürlichen Bedingungen (im Boden) ist schon dargestellt worden. Die Einflüsse der Trockenheit bei ver-

schiedenen Temperaturen untersuchten JETTMAR und EXNER (1951) unter Laborbedingungen. Nach 2-stündiger Einwirkung von 46° C sind 50 % der Eier abgetötet, nach acht Stunden 100 %. Bei 55° C erfolgte die Zerstörung sämtlicher Eier nach 15-20 Sekunden. Die Abtötung geht also wesentlich schneller vor sich als die der in Flüssigkeiten suspendierten Eier bei derselben Temperatur, bedingt durch die Summation der zwei Noxen: Hitze und Trockenheit.
Zu anderen Ergebnissen kommt FRENZEN (1953/54). Bei seinen Versuchen ist die Widerstandsfähigkeit der Eier gegenüber heißer Luft größer als gegenüber heißem Wasser derselben Temperatur. Im trockenen Milieu bei Anwesenheit von Sauerstoff entwickeln sich nach 3-stündigem Aufenthalt bei 40° C noch 89 % Larven, bei 60° C nach 40 Minuten noch 47,9 % und nach 10 Minuten bei 70° C noch 2,0 %. Eine 100 %ige Abtötung bei 70° C erfolgte jedoch erst nach 20 Minuten. FRENZEN sieht die Erklärung darin, daß heiße Luft ein schlechter Wärmeleiter ist und nicht so schnell die Zelle anzugreifen vermag. Bei Zimmertemperatur (20° C) überleben die Eier 8 Tage Trockenheit (MÜLLER, 1950), sind aber nach 14 Tagen 100 %ig zerstört, ebenso bei 30° C nach 7 Tagen (BUCHWALDER, 1966). Bei Trockenheit und einer Temperatur von 34° C genügen nach KALBE (1955/56) 4 Tage zur restlosen Abtötung.

Trockenheit wird bei tiefen Temperaturen von Wurmeiern gut vertragen. MÜLLER (1950) stellt fest, daß bei -25° C die Eier noch nach 125 Tagen überleben. Bei BUCHWALDER (1966) beträgt die Abtötungsquote nach 21 Tagen bei -20° C 63 %. KALBE (1955/56) stellt fest, daß bei Temperaturen zwischen +4 und -16° C (meist aber unter 0° C) die Sterblichkeit bei Eiern in feuchtem Milieu größer ist als bei Eiern in trockenem Medium. Nach BROWN (1928) liegt die Erklärung hierfür

darin, daß der schädigende Einfluß der Austrocknung auf einer Beeinträchtigung des Gasabtausches durch die trockene Vitellinmembran beruht. Da bei niedrigen Temperaturen die Entwicklung und somit auch der Gasaustausch weitgehend stagnieren, ist es erklärlich, daß unter diesen Bedingungen die Austrocknung weniger schädigend wirkt.

Sauerstoffmangel

Sauerstoff ist neben Feuchtigkeit und Temperatur einer der drei Faktoren, der zur Entwicklung von Wurmeiern nötig ist. Inwieweit Sauerstoffentzug eine Schädigung bewirkt, konnte erst durch Laborversuche geklärt werden. PLÖSSL (1950) gibt an, daß 9-wöchiger Sauerstoffabschluß die Wurmeier nicht vernichtet hat. BUCHWALDER (1966) kann nur einen Entwicklungsstillstand feststellen. Bei der anschließenden Bebrütung nach mehr als 7-tägigem sauerstofffreien Aufenthalt tritt jedoch eine Verlangsamung in der Entwicklung ein, so daß sie von einer gewissen "Erholungsphase" spricht. Auch die in durch Stickstoff sauerstofffrei gemachtem Medium durchgeführten Versuche mit Leberegeleiern von HORSTMANN (1962) ergeben nur eine Stagnation in der Entwicklung, jedoch keine Schädigung. Die Versuchsdauer betrug allerdings nur 15 Tage.

In den langfristigen Versuchen von GERMANS (1954) über 9 Monate tritt jedoch bei fehlendem Sauerstoff eine Verkürzung der Lebensdauer der Spulwurmeier ein. So sind bei 5° C 11 %, bei 22° C 18 % und bei 30° C 28 % der Eier degeneriert.
Es besteht also auch hier ein Zusammenhang zwischen steigender Temperatur, verbunden mit Sauerstoffmangel, und einem schnelleren Absterben.

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

A. Material und Methodik

Die Versuche wurden jeweils mit dick- und dünnschaligen Eiern durchgeführt. Die dickschaligen Eier stammten von Ascaris suum, die dünnschaligen von Oesophagostomum.

1) Eier von Ascaris suum

a) Materialbeschaffung

Die Schweinespulwürmer wurden an 20 Hauptschlachttagen in der Schweinehalle des Münchener Schlachthofs aus den Dünndärmen frisch geschlachteter Schweine entnommen.

b) Versuchsvorbereitung

Bei der Versuchsvorbereitung wird in Anlehnung an die Methode von FORSTNER und SCHÄTZLE (1966) verfahren.

Zunächst wird das Anfangsstück des paarigen Uterus, welches sich im vorderen Drittel des Wurmes befindet und meist äußerlich durch eine schwache Einziehung markiert ist, freipräpariert. Von dem mit Eiern gefüllten Uterus wird nun ein kleines Stück von der Vaginalöffnung bis ca. 1,5 cm hinter die Bifurkation des Uterus herausgetrennt. Es ist wichtig, nur diesen kleinen Anfangsteil zu verwenden, da sich nur in ihm die intrauterin befruchteten Eier befinden, die anschließend in einer Petrischale, deren Boden mit Wasser von Zimmertemperatur bedeckt ist, ausgestreift werden.
Um eine bei allen Versuchen gleich große Eimenge zu erhalten, werden die Eier mit Hilfe der Verdünnungsmethode ausgezählt, die von ROMMEL (1961) empfohlen

wird: Die Wurmeikultur wird durch Zentrifugieren konzentriert und die überstehende Flüssigkeit abgeschüttet. Nach kräftigem Schütteln werden 0,1 ml der Eiaufschwemmung entnommen und in ein geeichtes Reagenzglas pipettiert. Nach Auffüllung mit Wasser bis zur 10 ml-Marke wird wieder gut durchgeschüttelt und möglichst rasch 4 mal 0,1 ml entnommen, auf einen Objektträger gegeben und unter dem Mikroskop ausgezählt. Anschließend kann man die Anzahl der Eier im Ausgangssediment errechnen, bzw. wieviel ml der konzentrierten Eiaufschwemmung die gewünschte Eimenge enthält.
Es ist nun nicht nötig, die für jeden Versuch benötigte Eimenge jeweils mit Hilfe der Verdünnungsmethode zu ermitteln. Sie kann später gut in graduierten Reagenzgläsern abgeschätzt werden, wie es JONAS (1970) auch schon beschrieb. Die absolute Zahl der Eier ist nicht so wichtig als vielmehr eine gleich große Eimenge. Anschließend gelangen die Eier sofort in die jeweiligen Versuche.

Zu erwähnen ist noch, daß der Chlorgehalt des Leitungswassers die Entwicklung der Askarideneier nicht beeinträchtigt (BRAUN, 1938, zit. von FURCHNER).
Auch das Zentrifugieren übt keinen schädigenden Einfluß auf die Eier aus. Nach Untersuchungen von GERMANS (1954) werden die Eier erst bei 55 000 U/min abgetötet.

c) Durchführung der Versuche

Kontrollversuche

Zu den einzelnen Versuchsreihen wurde jeweils ein Kontrollversuch angesetzt, um eine Vergleichsmöglichkeit zwischen den unter Versuchsbedingungen und optimalen Bedingungen erzielten Ergebnissen zu bekommen.

Wie bei allen anderen Versuchen wurden auch bei den Kontrollversuchen ca. 1 Million Wurmeier verwendet,

in mit Wasser gefüllte Petrischalen verbracht und anschließend bei der für sie optimalen Temperatur von 29° C bebrütet. Die für eine Entwicklung nötige Sauerstoffzufuhr wurde durch Anheben des Petrischalendeckels mittels eines Pappstreifens gewährleistet, sowie durch zusätzliches Durchmischen der Eiaufschwemmung im Abstand von 2 Tagen mit einem gebogenen Glasstab. Verdunstetes Wasser wurde dabei nachgefüllt. Die Bebrütung erfolgte jeweils über einen Zeitraum von 50 Tagen. Bis zum 30. Tag wurden in Abständen von 5 Tagen 5 x 100 Eier ausgezählt, vom 30. bis 50. Tag in 10-tägigem Abstand. So bekommt man ein gutes Bild vom jeweiligen Entwicklungszustand.

Temperaturversuche mit und ohne Sauerstoff und bei Trockenheit

Die Widerstandsfähigkeit der Eier wurde über verschiedene Zeitspannen geprüft bei +40° C im Brutschrank, bei Zimmertemperatur von 18-21° C, im Kühlraum bei +3° C und bei -20° C in der Tiefkühltruhe, wobei jeweils 3 Parallelversuche liefen.
Bei den reinen Temperaturversuchen, also bei Anwesenheit von Sauerstoff und Feuchtigkeit (Wasser), wurde auch noch die Einwirkung von 50 und 60° C auf die Eier untersucht. Die Versuchsdurchführung war folgendermaßen: Bei 40° C und bei Zimmertemperatur wurde die in den Petrischalen liegende Eiaufschwemmung der genannten Temperatur ausgesetzt und alle 2 Tage belüftet. Bei 50 und 60° C kam eine andere Methode zur Anwendung. Da diese Temperaturen die Eier schnell zerstören, mußte, um eine exakte Einwirkungszeit einhalten zu können, die Zeit zur Erwärmung auf 50 bzw. 60° C möglichst kurz gehalten werden. Deshalb wurden die Eier filtriert, das Filterpapier gefaltet und mittels einer Schlauchklemme verschlossen. Anschließend gelangten sie in mit Was-

ser gefüllte Bechergläser, deren Temperatur der jeweiligen Versuchstemperatur entsprach.
Reine Temperaturversuche bei -20° C und +3° C wurden nicht durchgeführt, weil bei -20° C ein für die Eier geeignetes Milieu, welches nicht bei dieser Temperatur gefriert und somit eine Sauerstoffzufuhr unterbinden würde, nicht vorhanden war, im zweiten Falle aufgrund umfangreicher Untersuchungen, die JONAS erst 1970 bei +4° C anstellte.
Bei den Trockenheitsversuchen wurden die Askarideneier ebenfalls filtriert und das Filterpapier mit den Eiern unter dem Abzug getrocknet. Die Trocknungszeit betrug ca. 15 Minuten. Daraufhin wurden sie den Versuchstemperaturen ausgesetzt. Nach Versuchsende wurden die Eier mit dem Filterpapier in Petrischalen im Brutschrank bei 29° C aufgeweicht und nach einem Tag vom Filterpapier gestreift und 50 Tage lang bebrütet.

Für die sauerstofffreien Versuche mußten zunächst einmal die Voraussetzungen geschaffen werden. Die in 50 ml großen Plastikenghalsflaschen enthaltene Eiaufschwemmung wurde mit Hilfe einer Stickstoffbelüftung weitgehend sauerstofffrei gemacht und anschließend erfolgte ein Verschluß der Flaschen mit Paraffin, um ein erneutes Eindringen von Sauerstoff zu vermeiden.

d) Kriterien zur Eibeurteilung und Errechnung der Schädigungsquote

Die Auswertung der Eier wurde nach 4 verschiedenen Entwicklungsformen vorgenommen und zwar:
1.) Larven, 2.) Morulae (zu ihnen wurden auch die Embryonen gezählt), 3.) Vielzeller (bis zum 16-Zellstadium) und 4.) nicht entwickelte Eier.
In die Kategorie der nicht entwickelten Eier wurden alle diejenigen Formen eingereiht, die nicht in der

Lage waren, Larven zu entwickeln, mit Ausnahme der klar strukturierten Morulae und Vielzeller. Die Betonung liegt hier auf "klar strukturiert", denn nach dem 50. Bebrütungstag konnten nur bei einigen Versuchsreihen, und dort nur zu einem geringen Prozentsatz, noch solche Formen gefunden werden. Diese Einteilung erschien sinnvoller, als noch eine zusätzliche Kategorie "irreversibel geschädigte Eier" einzuführen, da es zunächst nicht möglich ist, aufgrund morphologischer Kriterien diese Beurteilung vorzunehmen. Der Beweis für eine Entwicklungsfähigkeit oder Entwicklungsunfähigkeit kann nur durch die Larvenzüchtung erbracht werden.

Die Formen der nichtentwickelten Eier sind mannigfaltig. Eine häufige Veränderung stellen die von JONAS (1970) als "aufgehellt" bezeichneten Eier dar, die praktisch in allen Versuchen vorkommen. Bei ihnen ist das von einer dünnen Membran begrenzte Plasma an einer Stelle peripher mehr oder weniger aufgelöst. Während diese Strukturveränderung bei einigen Versuchsreihen einen irreversiblen Schaden bedeutet, sind diese Eier bei anderen Versuchen noch voll entwicklungsfähig.

Neben dieser Form entstehen manchmal während der Bebrütung blasige oder auch morulaartige Degenerationen. Die blasige Degeneration ist dadurch gekennzeichnet, daß das Plasma von größeren Blasen durchsetzt ist, während die morulaartige Degeneration auf den ersten Blick, wie schon der Name sagt, wie eine Morula aussieht, das Plasma zeigt jedoch nicht so deutliche Furchungskugeln, es ist körniger. Diese beiden Formen findet man nie zu Anfang der Bebrütung. Eine andere Zerstörungsform, der "schollige Zerfall" entsteht ebenfalls meist während der Bebrütungszeit. Bei die-

sem Zerfall ist die sonst homogene Plasmamasse in einzelne Schollen geteilt, die mehr oder weniger deutlich getrennt sind. Die sonst das Plasma umgebende Membran fehlt entweder völlig oder ist nur undeutlich zu erkennen. Das Fehlen dieser Hülle macht JONAS (1970) verantwortlich für den Verlust der Entwicklungsfähigkeit der Eier.

Eine weitere Art der Schädigung kann in vielen Versuchen beobachtet werden. Die Askarideneier gehen zunächst eine Anfangsentwicklung bis zum Vielzellenstadium ein. Erst jetzt macht sich der zerstörende Einfluß bemerkbar, es kommt zu einem Entwicklungsstillstand, der in den meisten Fällen zu einer Rückentwicklung durch Auflösungsvorgänge, meist nur an einer Hälfte der Plasmakugel, führt.
Die Schädigungsquote errechnet sich jeweils aus dem Mittelwert der in den Versuchsreihen und den Kontrollversuchen entwickelten Larven.

e) Mäuseversuche

Um die im Brutschrank entwickelten Larven auch auf Invasionsfähigkeit zu überprüfen, wurde nach der bei LAMINA (1964) beschriebenen Methode verfahren. Mit einer leicht gebogenen, geknöpften Injektionsnadel wurden jeweils ca. 40 000 Eier aus einem der Parallelversuch einer weißen Maus peroral eingegeben, wobei die Nadel zwischen Nage- und Backenzähnen am Gaumendach entlang bis in den Oesophagus eingeführt wurde. Eine kleine Menge embryonierten Eimaterials genügt nach BHOWMICK (1964) für eine Infektion, da sich nur diejenigen Larven in die Darmwand einbohren, welche in direktem Kontakt zu ihr stehen, alle anderen werden auf dem natürlichen Weg wieder ausgeschieden.

Die eingedrungenen Larven gelangen vom Ileum über die Bauchhöhle in die Leber, wo die meisten nach 17-20 Stunden anlangen (BHOWMICK, 1964).
Nach 19-24 Stunden wurden die so infizierten Mäuse mit Äther getötet und von den Lebern 5 Quetschpräparate angefertigt und unter dem Mikroskop nach lebenden Larven durchsucht. Die bei negativem Befund angewandte Pepsin-Verdauung nach SPRENT (1952), die auch von ROMMEL (1961) und JONAS (1970) durchgeführt wurde, war in keinem Fall notwendig.

2) Eier von Oesophagostomum

a) Materialbeschaffung

Die Gewinnung der Eier von Oesophagostomum erfolgte aus frischem Schweinekot, der an den Viehauftriebtagen des Viehhofs München gesammelt wurde. Dabei wurde Wert darauf gelegt, daß er nur von älteren Schweinen stammte, da nach SUPPERER (1955), BOCH (1956) und BOCH und NEUBRAND (1962) bei ihnen der Knötchenwurmbefall am stärksten ist.

b) Versuchsvorbereitung

Für die einzelnen Versuchsreihen ist es nötig, die Wurmeier aus dem Schweinekot zu isolieren. Dies wurde nach dem Schwimmverfahren mit Hilfe einer konzentrierten Zuckerlösung durchgeführt (BORCHERT, 1970). Es ist darauf zu achten, daß diese Lösung nicht zu nahe an den Sättigungsgrad heranreicht, da sonst zu viele Kotpartikel zwischen die an die Oberfläche steigenden Eier gelangen und somit eine anschließende Auszählung erschweren (NEMESERI und HOLLO, 1964). Bei diesen Versuchen haben sich knapp 1 kg Zucker auf 3 l Wasser als zweckmäßig erwiesen.
In jeweils 5 Gläser von 250 ccm Fassungsvermögen wurden nun zu kleinen Portionen Kot die 10-fache Menge

Zuckerlösung gegeben und nach gutem Mischen der Inhalt sämtlicher Gläser durch ein Sieb (Maschenweite 300 mü) in ein größeres Becherglas gegossen, um die größeren Kotbestandteile zurückzuhalten. Die durchgesiebte Flüssigkeit mit den darin enthaltenen Eiern mußte nun 20 Minuten ruhig stehenbleiben. Nach dieser Zeit konnten mittels einer kleinen Drahtöse (Ø 4 mm) die inzwischen aufgrund des geringeren spezifischen Gewichts an die Oberfläche gestiegenen Eier abgehebert werden. 50 dieser kleinen "Ösentropfen" wurden anschließend in ein Zentrifugenglas gebracht und mit Wasser bis zum Rand aufgefüllt. Diese Lösung hat jetzt ein geringeres spezifisches Gewicht als die Eier, so daß sie sich nach dem Zentrifugieren am Boden anreichern. Die überstehende Wassermenge wurde nun abgegossen, wieder aufgefüllt und nochmals zentrifugiert. Diese sog. Waschung der Eier ist sehr wichtig, um den Zucker wieder auszuspülen, da in diesem zuckerhaltigen Milieu, wie mehrere Vorversuche ergeben haben, eine Entwicklung nur bis zum Embryonalzustand erfolgt und dann zum Erliegen kommt. Das nun zur Verfügung stehende Eisediment kann abpipettiert werden und gelangt sofort in die jeweiligen Versuche. Insgesamt wurden 177 Einzel- und 12 Kontrollversuche durchgeführt.

c) Durchführung der Versuche

Im Gegensatz zu den Versuchen mit den dickschaligen Eiern konnten aufgrund des nicht in so zahlreicher Menge zur Verfügung stehenden Untersuchungsmaterials nicht ohne weiteres Petrischalen verwendet werden. Deshalb wurden bei den Versuchen mit Sauerstoff und Feuchtigkeit und bei Trockenheit eingeschliffene Objektträger benutzt, in deren uhrglasförmige Vertiefung je nach Dichte des gewonnenen Eisediments 1-3 Tropfen des Zentrifugats kamen. So erhielt jeder Ob-

jektträger 150-200 Eier, von denen sofort vor dem eigentlichen Versuchsbeginn 100 ausgewertet wurden. Damit sollte sichergestellt werden,
1.) daß genügend Material vorhanden war,
2.) daß sich noch keine Larven entwickelt hatten und
3.) welche Eiarten zur Verfügung standen.
Zum letzten Punkt ist zu bemerken, daß in dem untersuchten Kot, bis auf ganz wenige Ausnahmen, nur Eier von Oesophagostomum vorkamen. Die längsovalen Eier von Oesophagostomum dentatum, die im Kot schon gefurcht sind, haben eine Größe von 71-82 x 38-46 mü und weisen 16-32 Furchungskugeln auf (BOCH und SUPPERER, 1971), während nach BORCHERT (1970) nur 8-16 vorhanden sind. Die Eier von Oesophagostomum quadrispinulatum befinden sich dagegen noch im 2- und 4-Zellstadium. Nach HAUPT (1966) kann man die Knötchenwurmarten überhaupt nicht hinsichtlich der Eigröße und der Blastomerenzahl unterscheiden, sondern nur anhand der unterschiedlichen Schwanzlänge ihrer 3. Larven. Eine Differenzierung zu Eiern von Hyostrongylus rubidus ist ebenfalls nur durch die Larvenzüchtung möglich. Oesophagostomum-Larven haben eine Länge von 500-530 mü und besitzen am Hinterende einen spitzen Fortsatz, der bei den 715-773 mü langen Hyostrongylus-Larven fehlt.

Die Bestimmung der Gattungszugehörigkeit der zu den Versuchen verwendeten dünnschaligen Nematodeneier erfolgte durch Anzucht von Larven aus dem Kontrollmaterial.

Bei den einfachen Temperaturversuchen mit Feuchtigkeit und Sauerstoff wurden die mit den Eiern bestückten Objektträger in Petrischalen verbracht. Um ein Austrocknen der geringfügigen Wassermenge zu vermeiden, wurde der Boden der Petrischale mit Wasser be-

deckt und der Objektträger auf zwei darin liegende Glasstäbe gelegt. Daraufhin kam der Deckel fest auf die Petrischale. So gelangten die Eier nun in die einzelnen Versuchsreihen bei +3° C Zimmertemperatur und +40° C.
Bei den Versuchen unter Trockenheit, die bei -20° C, +3° C, Zimmertemperatur und +40° C durchgeführt wurden, war es nötig, die eihaltigen Tropfen auf dem Objektträger auszutrocknen. Dies geschah unter dem Abzug in einer durchschnittlichen Zeit von 10-15 Minuten bei Zimmertemperatur, so daß gewährleistet war, daß nicht schon durch dieses Austrocknungsverfahren die Eier geschädigt wurden.
Bei den Versuchen ohne Sauerstoff war eine andere Versuchsanordnung notwendig. Nach dem Zentrifugieren wurde das gesamte Eisediment von jeweils ca. 4 000 Eiern in Glasfläschchen von 15 ml Rauminhalt gefüllt und der Sauerstoff wiederum durch eine Stickstoffbelüftung ausgetrieben. Anschließend wurden die Flaschen mit einem Plastikverschluß und Paraffinüberzug luftdicht abgeschlossen. Bei den Versuchen bei -20° C genügte es, die eihaltige Wassermenge auf dem Objektträger im Tiefkühlschrank einzufrieren, um einen Sauerstoffabschluß herbeizuführen, da ein Gasaustausch zwischen Eiern und Sauerstoff durch das Eis verhindert wird. Diese Methode ist bei dieser Temperatur vorteilhafter, da ein schnellerer Temperatursturz möglich ist und dadurch die durch größere Wassermengen bedingte längere Abkühlzeit mit schon eintretender Eischädigung vermieden wird.

Nach Beendigung der Versuchszeiten wurden aus den Glasflaschen jeweils 150-200 Eier auf die Objektträger verbracht und sofort immer 100, wie bei allen anderen Versuchsreihen, ausgewertet, um eventuell schon

geschlüpfte Larven oder irreversible Schäden an den Eiern schon jetzt berücksichtigen zu können. Nur bei den Versuchen unter Trockenheit ist dies nicht möglich, da nach Zugabe von einigen Tropfen Wasser die Eier immer noch dunkel, ausgetrocknet erscheinen. Anschließend wurden die Eier in den vorbereiteten Petrischalen 2 Tage lang bei 29° C bebrütet, verdunstetes Wasser auf dem Objektträger wurde während dieser Zeit durch einige Tropfen ersetzt. Nach 2 Tagen konnte eine definitive Aussage über den Endstand der Entwicklung gemacht werden, meist sogar schon nach 1 Tag.
Parallel zu jeder Versuchsreihe wurde ein Kontrollversuch mit 150-200 Eiern bei 29° C angesetzt, um aus der Differenz der in den Versuchsreihen und in den Kontrollversuchen ermittelten Larven die Schädigungsquote zu bekommen.

d) Kriterien zur Eibeurteilung und Errechnung der Schädigungsquote

Die zerstörten Eier können meistens schon am 1. Tag der Bebrütung als solche erkannt werden. Es gibt nämlich nur 2 Hauptdegenerationsformen der Oesophagostomum-Eier. Die eine Form zeichnet sich durch eine dunkle, körnige Plasmamasse aus, während sich bei der anderen Form das Plasma zu einer hellen, durchsichtigen Masse aufgelöst hat. Es ist in keinem Versuch beobachtet worden, daß sich aus einer dieser Formen noch eine Larve entwickelt hat. Diese Eier sind also irreversibel geschädigt. Verschiebungen am 1. und 2. Tag zwischen diesen beiden Gruppen sind darauf zurückzuführen, daß bei manchen Versuchen am 1. Bebrütungstag zerstörte Eier auftreten, die morphologisch zwischen diesen beiden Formen stehen und erst am 2. Tag exakt zu differenzieren sind. Die Resistenz der dunklen, körnigen Eier ist erheblich größer, als die der aufgehellten, die nach 2-3 Tagen beginnen, sich aufzulösen.

Neben diesen Formen treten manchmal am 2. Tag noch Eier mit Furchungskugeln auf, die aber auch als entwicklungsunfähig angesehen werden können. Bei ihnen sind die Furchungskugeln nämlich nicht mehr körnig, wie bei normalen, ungeschädigten Eiern, sondern sie sehen aus wie durchsichtige, mit Gas gefüllte Luftballons.
Eine Besonderheit stellen die in einigen wenigen Versuchen bei Versuchsbeginn in geringer Anzahl vorkommenden "Eier ohne Furchungskugeln" dar. Da sie sich, wie in den Kontrollversuchen festgestellt wurde, niemals entwickeln, muß angenommen werden, daß es sich hierbei um unbefruchtete Eier handelt.
Hieraus ergibt sich nun die Berechnung der Schädigungsquote. Da immer nur 100 Eier ausgezählt werden, und, dies sei vorweggenommen, sich die Eier in den Kontrollversuchen zu 100 % entwickeln, stellt die Zahl der dunklen, körnigen und der aufgehellten Eier gleichzeitig die Schädigungsquote dar.

B) Ergebnisse

1) Ergebnisse der Larvenzüchtung bei dickschaligen Eiern (Ascaris suum)

a) Kontrollversuche

Obwohl die Eier unter optimalen Verhältnissen bebrütet wurden, entwickelten sie sich nie zu 100 %. Die höchste erzielte Entwicklungsquote war 98,2 %, die tiefste 76,4 %. Diese Zahlen sind jedoch als Extremwerte anzusehen, insgesamt ergibt sich ein Durchschnitt von 92,3 % entwicklungsfähiger Eier.
Schon am 10. Tag war ein großer Teil der Larven in den Eiern entwickelt, um dann am 15. Tag das Maximum zu erreichen. Zu diesem Zeitpunkt waren die Larven aber noch

nicht bescheidet, also noch nicht invasionsfähig. Am 20. Tag traten die ersten bescheideten Larven auf, während am 25. Tag bei allen die Entwicklung abgeschlossen war.
Wie auch JONAS (1970) beobachtete, entwickelten sich 0,2 - 1 % der Eier überhaupt nicht, während die restlichen nicht entwickelten Eier im Vielzeller- oder Morulastadium stehenblieben. Bei diesen Versuchen konnte festgestellt werden, daß nach dem Stillstand sich viele dieser Stadien auflösen und nicht mehr als solche zu erkennen sind. Hieraus erklärt sich der geringe Prozentsatz von Vielzellern und Morulae nach 50-tägiger Bebrütungsdauer. (Tabelle 1, S. 36).

b) Versuche bei -20° C

Die Versuchszeit, unter der die Eier ohne Sauerstoff und bei Trockenheit der Temperatur von -20° C ausgesetzt waren, belief sich jeweils auf 1 Tag, 5 Tage, 10 Tage, 1 Monat, 2 Monate und 3 Monate. Nach Versuchsende zeigte es sich, daß unter diesen Bedingungen kein Ei in der Lage war, schon eine Anfangsentwicklung einzugehen.

Ohne Sauerstoff

Nach 1 Tag Aufenthalt in der Tiefkühltruhe sah das von der Eiwand gelöste runde Plasma nicht kompakt körnig aus, wie es bei einer normalen Entwicklung der Fall ist, sondern leicht aufgelockert, von einem scholligen Zerfall kann man aber noch nicht sprechen. Einige wiesen außerdem noch leichte Aufhellungen auf. Nach 5-tägiger Bebrütung bei 29° C war von diesen Veränderungen nicht mehr viel zu bemerken. Die Eier entwickelten sich völlig normal. Sie waren also nur reversibel geschädigt, so daß sich trotz der anfänglichen morphologischen Störungen noch im Mittel 90,1 % Larven ausbildeten. Es war also keine nennenswerte Schädigung eingetreten.

Tabelle 1: Kontrollversuche

Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Ascaris-suum-Eiern während der Bebrütung über 50 Tage bei 29° C (Durchschnittswerte in % aus 20 Kontrollversuchen)

Bebrütungs-tag	Larven	Morulae	Vielzeller	nicht entwickelte Eier
5.	-	3,7	83,6	12,9
10.	36,5	52,2	6,2	5,1
15.	86,2	6,8	1,3	5,9
20.	87,3	5,3	0,6	6,8
25.	91,5	1,2	0,5	6,8
30.	92,1	0,1	0,4	7,4
40.	92,3	0,1	0,4	7,2
50.	92,3	0,1	0,4	7,0

Nach 5-tägiger Tiefkühlung zeigten die Eier zunächst genau dieselben Strukturveränderungen wie eben beschrieben, jedoch waren dieses Mal schon sehr viele irreversibel geschädigt, so daß nur noch 58,8 % der Eier entwicklungsfähig waren.
Nach 10-tägiger Versuchsdauer waren noch stärkere Veränderungen am Plasma zu erkennen. Das sonst zu einer Kugel zusammengezogene Plasma füllte nahezu das ganze Ei aus. Neben Aufhellungen war der sonst durch eine Membran scharf begrenzte Plasmarand an mehreren Stellen eingekerbt, es konnten nach Bebrütung aber immerhin noch 31,8 % Larven gefunden werden. Neben der in den anderen Versuchen schon beschriebenen allgemeinen körnigen Auflockerung wies das Plasma der Eier, die eine 2- und 3-monatige Einwirkungszeit von -20° C hinter sich hatten, eine Struktur auf, die als scholliger Zerfall bezeichnet wird und der bei einigen wenigen Eiern im Laufe der Bebrütung zu einer blasig-scholligen Degeneration führte. Sämtliche Eier waren entwicklungsunfähig.
Außer den reversiblen und irreversiblen Schäden bewirkt diese Temperatur auch eine Entwicklungsverzögerung gegenüber den Kontrollversuchen, so waren am 10. Bebrütungstag noch keine Larven vorhanden und die Larvenmaximalwerte traten erst zwischen dem 20. und 30. Tag ein. In diesem Zeitraum fand auch eine bei manchen Versuchen erhebliche Rückbildung von Morula- und Vielzellerstadien statt, die durch Auflösungsvorgänge am Plasma gekennzeichnet waren (Abb.1, S.57) und damit zu einer deutlichen Vermehrung der nicht entwicklungsfähigen Eier führte.
(Tab.2, S.39; graph. Darst.1, S.40)

Bei Trockenheit

Nach Versuchsende im Tiefkühlschrank waren die morphologischen Veränderungen der trocken gelagerten Askarideneier nicht so deutlich ausgeprägt wie unter Sauerstoffabschluß.

So zeigten nach 1- und 5-tägigem Aufenthalt fast alle Eier normale Struktur, abgesehen von ganz leichten Aufhellungen bei einigen Eiern, nach 10 und 30 Tagen waren diese Aufhellungen bei allen Eiern klar ausgeprägt und nach 2 und 3 Monaten wies das Plasma Auflockerungen auf, die bei vielen Eiern im Laufe der Bebrütung zu einem scholligen Zerfall führten. Nur noch wenige Eianlagen waren jetzt unverändert. Entsprechend der geringfügigen Strukturabweichungen des Plasmas bei den kurzfristigen Versuchen war auch die Larvenentwicklung. Nach 1 Tag Kälteeinwirkung entwickelten sich 94,9 % Larven, nach 5 Tagen 86,1 % und nach 10 Tagen noch 71,4 %. Erst nach 2- und 3-monatiger Trockenheit bei -20° C zeichnete sich eine große Schädigung ab. So waren nach 2 Monaten nur noch 18,3 % und nach 3 Monaten 0,7 % der Eier entwicklungsfähig.

Durch diese Versuchsbedingungen trat nach Überführung in optimales Milieu eine relativ schnelle Anfangsentwicklung ein; schon nach 10 Tagen traten die ersten Larven auf. Bei den langfristigen Versuchen verzögerte sich die Entwicklung. Das Maximum an Larven wurde manchmal erst am 40. - 50. Tag erreicht.

Die Rückbildung von Vielzeller- und Morulastadien war auch in dieser Versuchsreihe zu beobachten.

(Tab.3, S.39; graph. Darst.1, S.40)

Tabelle 2: Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Ascaris-suum-Eiern nach verschieden langem Aufenthalt bei -20° C unter Sauerstoffabschluß bei anschließender Bebrütung (29° C)

Bebrütungstag	Versuchsdauer 1 Tag E	1 Tag NE	5 Tage E	5 Tage NE	10 Tage E	10 Tage NE	1 Monat E	1 Monat NE	2 Monate E	2 Monate NE	3 Monate E	3 Monate NE
5.	-	41,0	-	68,6	-	81,8	-	92,7	-	100,0	-	100,0
10.	-	4,7	-	43,5	-	62,5	-	81,5	-	100,0	-	100,0
15.	84,2	5,0	48,8	28,3	22,1	58,5	7,4	78,8	-	100,0	-	100,0
20.	89,8	7,6	48,9	37,2	25,3	59,9	11,9	83,9	-	100,0	-	100,0
25.	90,6	9,0	53,8	40,4	29,1	62,5	17,2	79,9	-	100,0	-	100,0
30.	90,1	9,1	54,2	41,4	31,7	66,4	17,8	81,5	-	100,0	-	100,0
40.	89,4	10,3	53,6	45,4	31,3	67,1	18,3	81,5	-	100,0	-	100,0
50.	90,1	9,8	53,8	45,3	31,6	66,9	17,8	82,1	-	100,0	-	100,0

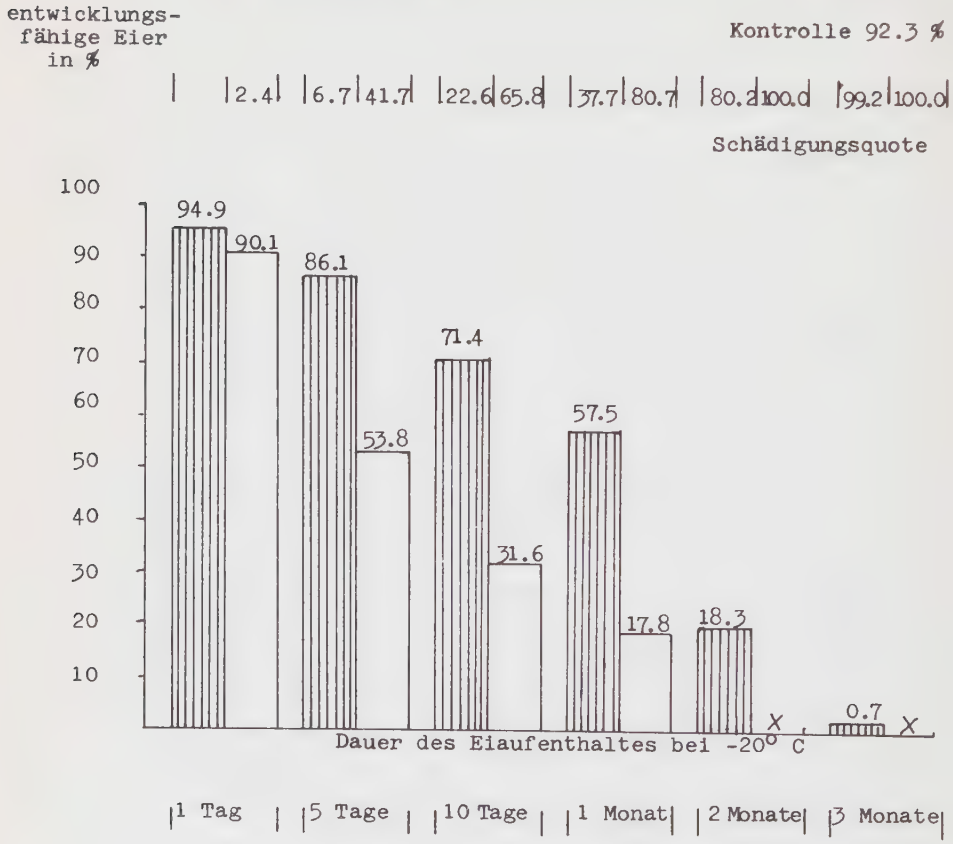
Tabelle 3: Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Ascaris-suum-Eiern nach verschieden langem Aufenthalt bei -20° C unter Trockenheit bei anschließender Bebrütung (29° C)

Bebrütungstag	Versuchsdauer 1 Tag E	1 Tag NE	5 Tage E	5 Tage NE	10 Tage E	10 Tage NE	1 Monat E	1 Monat NE	2 Monate E	2 Monate NE	3 Monate E	3 Monate NE
5.	-	10,5	-	19,7	-	15,9	-	34,8	-	93,5	-	100,0
10.	21,1	2,8	9,3	4,9	16,5	21,2	16,8	36,7	-	64,5	-	99,7
15.	94,5	3,8	84,5	6,5	71,5	25,7	55,8	43,0	13,8	65,1	-	90,3
20.	95,1	4,5	86,5	11,5	71,5	27,2	56,5	43,0	14,7	83,2	-	85,7
25.	94,3	5,3	86,5	12,7	70,8	28,5	57,5	42,4	16,9	82,5	0,1	80,8
30.	94,7	4,5	85,9	13,5	71,1	28,3	56,6	43,4	18,1	81,8	0,4	89,1
40.	94,7	4,9	85,5	14,0	71,0	28,5	55,9	44,1	18,0	82,0	0,5	91,5
50.	94,9	4,9	86,1	13,2	71,4	28,5	57,5	42,5	18,3	81,7	0,7	92,8

E = durchschnittl.Prozentsatz der entwickelten Larven
NE = durchschnittl.Prozentsatz der Eier mit nicht entwickelten Larven

Graphische Darstellung 1:

Vergleichende Darstellung der durchschnittlich ermittelten Prozentzahlen der entwickelten Askaridenlarven nach Aufenthalt der Eier bei -20° C bei Trockenheit und Sauerstoffmangel mit Angabe der Schädigungsquote, berechnet aus den Durchschnittszahlen der Larven in den Versuchen und den Kontrollen



schraffierte Kästen - bei Trockenheit
weiße Kästen - ohne Sauerstoff

c) Versuche bei +3° C

Ohne Sauerstoff

Die Versuche wurden in einem Kühlraum durchgeführt, der eine konstante Temperatur von 3° C garantierte.

Eine sofortige Auswertung der Eier nach Versuchsende zeigte immer dasselbe Ergebnis, auch noch bei 90-tägiger Lagerungszeit: Kein Ei hatte sich gefurcht, eine Anfangsentwicklung wurde durch diese Temperatur verhindert, jedoch waren auch keine nennenswerten morphologischen Schädigungen eingetreten. Die einzigen Veränderungen an einigen Eiern waren leichte zentrale Aufhellungen oder der sonst durch eine Membran geformte glatte, kugelige Plasmarand zeigte leichte Unebenheiten.
Während der gesamten Versuchszeit hatte also nur ein Entwicklungsstillstand stattgefunden. Bei der anschließenden Bebrütung wurde dies klar ersichtlich. Bei einer ziemlich schnellen Anfangsentwicklung waren zwischen 85,5 und 90,2 % der Eier noch entwicklungsfähig. Die Schädigungsquote stieg jedoch nicht kontinuierlich mit länger werdender Versuchsdauer, sondern blieb praktisch immer gleich, die leicht unterschiedlichen Ergebnisse der Larvenentwicklung entsprechen also einer natürlichen Schwankungsbreite, wie sie auch bei den Kontrollversuchen vorkommen.
(Tab.4, S.43; graph. Darst.2, S.44)

Bei Trockenheit

Bei dieser Versuchsreihe waren keine großen Unterschiede zur vorherigen zu erkennen. Nach Versuchsende waren die ungefurchten und nur bis auf gelegentlich geringfügige Aufhellungen wenig veränderten Eier bei der Bebrütung noch zu einem großen Prozentsatz entwicklungsfähig. Die Schwankungsbreite der entwickelten Larven lag zwischen 83,1 und 88,3 %. Die längere trockene Lagerungszeit hatte wiederum keinen Einfluß auf einen größeren zerstörenden Effekt.

Nach der Bebrütungszeit wiesen von den nicht entwickelten Eiern die meisten aufgelöstes Plasma auf, das wahrscheinlich aus einer anfänglichen Entwicklung hervorgegangen ist. Bei einigen wenigen Eiern ist auch blasige Degeneration und Strukturverlust eingetreten.

(Tab.5, S.43; graph. Darst.2, S.44)

Tabelle 4: Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Ascaris-suum-Eiern nach verschieden langem Aufenthalt bei +3° C unter Sauerstoffabschluß bei anschließender Bebrütung (29° C)

Bebrütungstag	Versuchsdauer											
	10 Tage		20 Tage		1 Monat		2 Monate		3 Monate			
	E	NE	E	NE	E	NE	E	NE	E	NE		
5.	-	2,1	-	5,0	-	3,1	-	4,0	-	8,4		
10.	85,3	5,3	76,7	2,3	76,5	4,1	56,0	3,1	64,1	5,5		
15.	89,5	9,1	84,4	8,8	82,7	10,7	91,0	8,5	84,8	11,6		
20.	90,5	9,5	87,4	11,9	84,6	14,5	89,7	10,3	85,7	12,5		
25.	90,4	9,6	86,8	12,3	86,2	13,7	90,5	9,5	86,6	11,4		
30.	90,1	9,9	87,2	12,3	84,0	16,8	90,3	9,7	86,3	12,1		
40.	90,5	9,5	87,6	11,9	85,4	14,6	88,9	11,1	85,4	13,3		
50.	90,2	9,8	87,9	11,7	85,5	14,5	89,7	10,3	85,6	13,4		

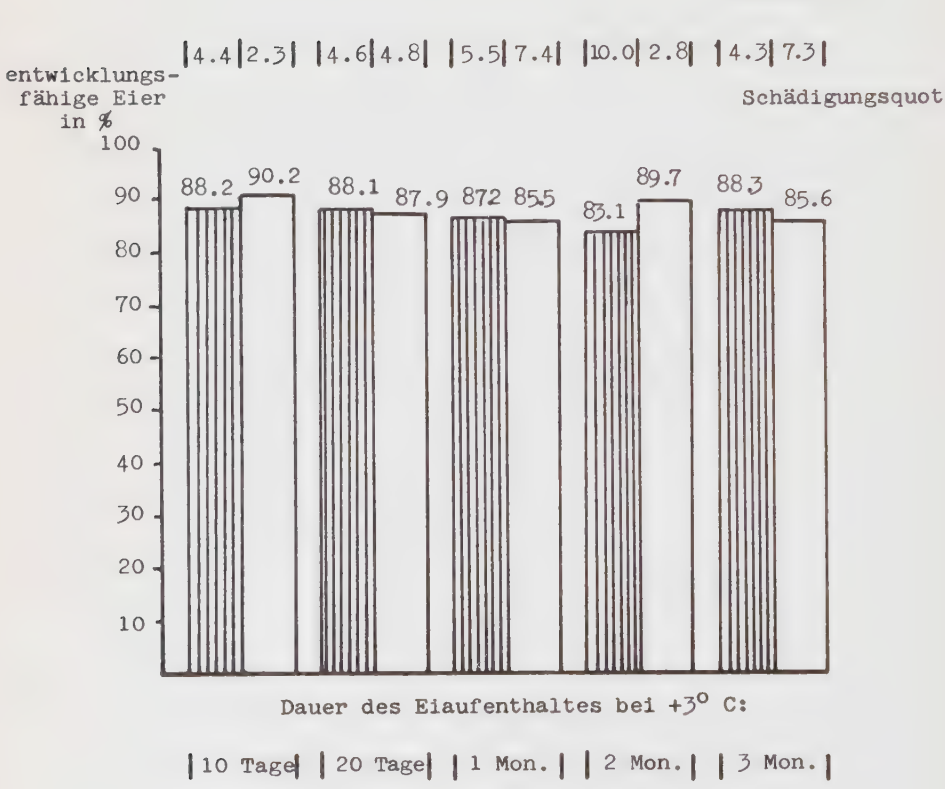
Tabelle 5: Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Ascaris-suum-Eiern nach verschieden langem Aufenthalt bei +3° C unter Trockenheit bei anschließender Bebrütung (29° C)

Bebrütungstag	Versuchsdauer											
	5 Tage		10 Tage		20 Tage		1 Monat		2 Monate		3 Monate	
	E	NE	E	NE	E	NE	E	NE	E	NE	E	NE
5.	-	8,7	-	9,3	-	15,6	-	19,0	-	22,7	-	19,9
10.	47,4	7,1	51,3	9,7	38,5	7,7	78,5	9,5	76,4	8,1	81,9	12,9
15.	87,0	10,1	88,0	10,7	85,8	14,2	85,5	13,1	83,3	15,7	89,1	10,7
20.	86,7	12,9	86,5	13,0	86,5	13,5	85,8	13,1	81,8	18,1	87,9	11,7
25.	87,6	12,1	88,7	11,3	87,8	12,2	86,5	12,7	81,9	18,0	88,1	11,7
30.	88,2	11,6	87,7	12,2	88,3	11,7	87,3	12,5	79,3	20,5	88,3	12,2
40.	87,9	11,9	88,0	12,0	87,9	11,9	87,2	12,7	83,0	17,0	88,7	11,3
50.	88,9	10,9	88,2	11,8	88,1	11,7	87,2	12,5	83,1	16,9	88,3	11,7

E = durchschnittl. Prozentsatz der entwickelten Larven
NE = durchschnittl. Prozentsatz der Eier mit nicht entwickelten Larven

Graphische Darstellung 2:

Vergleichende Darstellung der durchschnittlich ermittelten Prozentzahlen der entwickelten Askaridenlarven nach Aufenthalt der Eier bei +3° C und Trockenheit sowie bei Sauerstoffmangel mit Angabe der Schädigungsquote, berechnet aus den Durchschnittszahlen der Larven in den Versuchen und in den Kontrollen



schraffierte Kästen - bei Trockenheit
weiße Kästen - ohne Sauerstoff

d) Versuche bei Zimmertemperatur (18-21° C)

Mit Sauerstoff und Feuchtigkeit

Werden die Askarideneier bei Zimmertemperatur in feuchtem Milieu gehalten, so findet eine Entwicklung statt, die jedoch gegenüber der Bebrütung bei 29° C stark verlangsamt ist. Die ersten Larven traten erst am 25. Tag auf, erreichten dann aber schon am 30. Tag ihre Maximalzahl, wie aus dem Kontrollversuch Nr.11 ersichtlich wird, der unter diesen Bedingungen durchgeführt wurde.

Ohne Sauerstoff

Das Fehlen von Sauerstoff bewirkt einen Entwicklungsstillstand der Eier. Nach Versuchsende waren die Eier, vom morphologischen Standpunkt aus gesehen, kaum geschädigt. Bei kurzfristiger Versuchsdauer (bis zu 3 Monaten) wiesen viele Eier leichte Aufhellungen auf, bei langfristiger (4-6 Monate) kam noch eine allgemeine Auflockerung der sonst homogenen Plasmamasse hinzu. Die anschließende Bebrütung zeigte, daß diese Veränderungen nur reversible Schäden darstellten, denn die Larven entwickelten sich zu einem Prozentsatz, der mit dem in den Kontrollversuchen verglichen werden kann. Er lag innerhalb von 2-6 Monaten zwischen 87,5 - 93,7 %.

Auffällig ist, daß mit zunehmender Versuchsdauer die Geschwindigkeit der anschließenden Entwicklung abnimmt. So waren nach 2-monatigem sauerstofffreiem Aufenthalt 41,0 % Larven, nach 4 Monaten 21,3 % und nach 6 Monaten 9,5 % Larven am 10. Tag der Bebrütung vorhanden.

(Tab.6, S.47; graph. Darst.3, S.48)

Bei Trockenheit

Der Einfluß der Trockenheit übt eine stark schädigende Wirkung auf die Eier aus. Mit Zunahme der Aufbewahrungszeit entwickeln sich immer weniger Larven. Während es nach 3 Tagen noch 70,7 % sind, liegen die Züchtungsergebnisse nach 10 Tagen bei 11,1 % und nach 15 Tagen nur noch bei 0,3 %. Bei den kurzfristigen Versuchen (3 und 5 Tage) konnte man bemerken, daß viele Eier eine Schädigung erfahren haben, die eine Anfangsentwicklung zuließ, die dann jedoch die Eier zum Absterben brachte. Sie lösten sich langsam auf.

Neben diesen Rückbildungen des schon gefurchten Plasmas zeigten ab dem 15. Tag der Bebrütung die meisten nicht entwickelten Eier einen Strukturverlust (Abb.2, S.57), auch blasige und morulaartige Degeneration bildete sich aus. Bei den langfristigen Versuchen (10 und 15 Tage) war der Strukturverlust schon am 5. Tag bei fast allen Eiern zu bemerken, so daß nur noch ganz wenige entwicklungsfähig waren.

Mit zunehmender Schädigung der Eier trat auch eine Verzögerung in der Entwicklung der Larven ein, so traten nach 10-tägiger Versuchsdauer die ersten Larven erst am 15. Tag der Bebrütung auf, nach 15-tägigem Einfluß von Trockenheit sogar erst am 50. Tag. Durch eine Weiterbebrütung über insgesamt 70 Tage wurde das Ergebnis nicht mehr verändert.

(Tab.7, S.47; graph. Darst. 3, S.48)

Tabelle 6: Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Ascaris-suum-Eiern nach verschieden langem Aufenthalt bei Zimmertemperatur unter Sauerstoffabschluß bei anschließender Bebrütung (29° C)

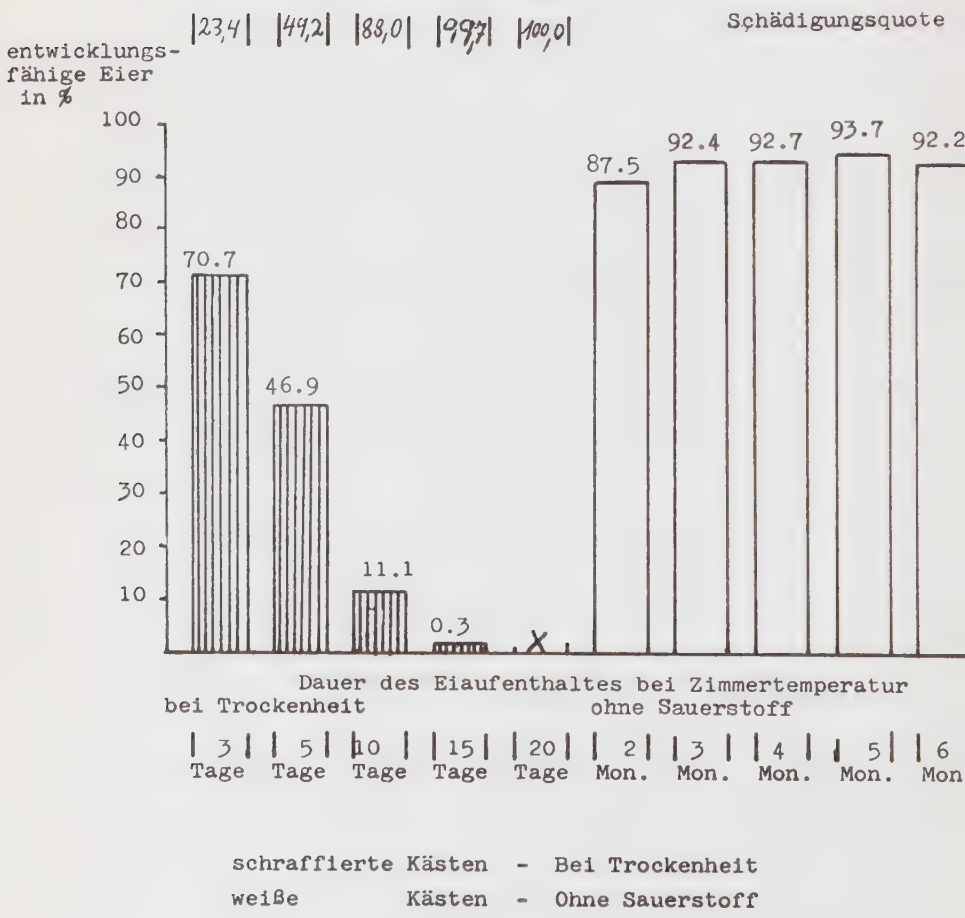
Bebrütgs.-tag	Versuchsdauer									
	2 Mon.		3 Mon.		4 Mon.		5 Mon.		6 Mon.	
	E	NE	E	NE	E	NE	E	NE	E	NE
5.	-	3,4	-	4,3	-	4,5	-	4,1	-	4,8
10.	41,0	5,1	28,7	2,7	21,3	6,2	7,3	2,5	9,5	2,9
15.	87,2	10,1	92,8	4.3	91,7	7,7	90,9	5,5	94,3	5,3
20.	88,3	11,5	94,1	5,3	92,8	7,2	92,9	6,1	94,1	5,9
25.	88,0	11,7	92,8	7,2	92,5	7,3	93,4	5,8	92,8	7,1
30.	87,9	12,1	92,8	7,1	91,6	8,3	93,3	6,2	93,3	6,6
40.	87,2	12,8	92,3	7,6	92,1	7,7	93,4	6,4	93,6	7,0
50.	87,5	12,5	92,7	7,3	92,7	7,3	93,7	6,3	92,2	7,8

Tabelle 7: Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Ascaris-suum-Eiern nach verschieden langem Aufenthalt bei Zimmertemperatur unter Trockenheit bei anschließender Bebrütung (29° C)

Bebrütgs.-tag	Versuchsdauer									
	3 Tage		5 Tage		10 Tage		15 Tage		20 Tage	
	E	NE	E	NE	E	NE	E	NE	E	NE
5.	-	34,7	-	31,2	-	91,9	-	100,0	-	100,0
10.	47,2	26,3	24.9	37,7	-	90,4	-	100,0	-	100,0
15.	67,7	27,5	46,6	50,5	6,5	88,9	-	100,0	-	100,0
20.	69,6	30,1	47,1	52,1	8,9	87,7	-	100,0	-	100,0
25.	69,6	30,3	46,3	52,3	9,4	86,9	-	98,8	-	100,0
30.	70,5	29,3	47,3	51,6	9,9	85,4	-	92,9	-	100,0
40.	69,9	30,1	47,7	51,1	10,7	83,7	-	91,7	-	100,0
50.	70,7	29,1	46,9	52,0	11,1	83,3	0,4	89,8	-	100,0

E = durchschnittl.Prozentsatz der entwickelten Larven
NE = durchschnittl.Prozentsatz der Eier mit nicht entwickelten Larven

Graphische Darstellung 3: Vergleichende Darstellung der durchschnittlich ermittelten Prozentzahlen der entwickelten Askaridenlarven nach Aufenthalt der Eier bei Zimmertemperatur und Trockenheit sowie Sauerstoffmangel mit Angabe der Schädigungsquote, berechnet aus den Durchschnittszahlen der Larven in den Versuchen und in den Kontrollen



schraffierte Kästen - Bei Trockenheit
weiße Kästen - Ohne Sauerstoff

e) Versuche bei +40° C

Mit Sauerstoff und Feuchtigkeit

Eine Entwicklung der diesen Bedingungen ausgesetzten Askarideneier konnte nach Versuchsende in keinem Falle festgestellt werden. Veränderungen, die aus morphologischer Sicht als schwerwiegende Schäden zu beurteilen gewesen wären, traten jedoch nicht auf. Die einzigen Abweichungen bestanden darin, daß neben vollkommen normalen Plasmastrukturen bei einem großen Prozentsatz der Eier die Eianlage aufgehellt war. Dies kann in vielen Fällen ein vorübergehender, reversibler (Abb.3, S.58), in anderen Fällen aber ein irreversibler Schaden sein (Abb.4, S.58), wie die anschließende Bebrütung zeigt.

Auffällig war die hohe Anfangsentwicklung der Eier im Brutschrank bei den kurzfristigen Versuchen (bis zu 5 Tagen). Sie betrug am 10. Tag zwischen 62 und 81 %. Weiterhin fiel bei diesen bis zu 5-tägiger Dauer gehenden Versuchen die hohe Larvenausbeute auf. Nach 1 Tag lag sie bei 96,6 %, nach 2 Tagen bei 93,3 %, also höher, als der Mittelwert bei den Kontrollversuchen. Nach 5 Tagen hatten sich immer noch 87,8 % entwickelt. 10-tägige Einwirkung von 40° C bewirkte anfangs eine Entwicklung des größten Teils der Eier, jedoch waren von ihnen viele derart geschädigt, daß sie sich schon am 10. Tag der Bebrütung zurückgebildet hatten, so daß sie nur 57,7 % zu Larven differenzieren konnten. Nach 15-tägiger Einwirkung von 40° C entwickelten sich nur noch 2,7 % der Eier zu Larven. Hierbei waren nicht mehr die Rückbildungserscheinungen schon teilentwickelter Eier zu beobachten. Die Schädigung war also so groß, daß sich überhaupt nur 2-3 % der Eier furchen konnten, diese dann aber in der Lage waren, das Endstadium der Entwicklung, die Larvenbildung, zu erreichen.

Nach der Bebrütungszeit hatte sich in morphologischer Hinsicht nicht viel geändert. Neben den anfangs schon vorhandenen aufgehellten Eiern, von denen einige kleine Bläschen im Plasma aufwiesen, fanden sich nur noch Eier, deren Plasma durch Auflösungsvorgänge bei der Rückbildung von Furchungsstadien gekennzeichnet war.
(Tab.8, S.52; graph. Darst. 4, S.54)

Ohne Sauerstoff

Die anfänglichen Plasmaveränderungen gleichen denen, wie sie in den Versuchen mit Sauerstoff vorzufinden waren. Die meisten Eier sind mehr oder weniger stark aufgehellt.
Die Quote der entwickelten Larven nach der Bebrütung war auch hier ziemlich hoch. Sie lag nach einem Tag Aufbewahrungszeit bei 96,3 %, nach 2 Tagen bei 92,7 % und nach 5 Tagen bei 84,3 %. Erst nach 10-tägiger Versuchsdauer war eine größere Schädigung eingetreten; nur noch 9,5 % der Eier waren entwicklungsfähig. Nach 15 Tagen bildeten sich keine Larven mehr; die Eier waren alle irreversibel geschädigt.
Nach der Bebrütungszeit gab es neben Eiern mit aufgelöstem Plasma (Rückentwicklung bei den Versuchen bis zu 5 Tagen) auch noch aufgehellte Eier, deren Plasma manchmal noch von kleinen Blasen durchsetzt war. Bei einigen kann man sogar von einer morulaartigen (Abb.5, S.59), bei anderen von einer blasigen Degeneration sprechen (Abb.6, S.59).
(Tab.9, S.52; graph. Darst. 4, S.54)

Bei Trockenheit

Eine sofortige Beurteilung der Eier nach Versuchsende konnte nicht vorgenommen werden. Deshalb fand die erste morphologische Auswertung am 1. Bebrütungstag statt. Neben Eiern mit normaler Struktur traten mit zunehmender Versuchsdauer immer häufiger Veränderungen auf, die als typisch für diese Versuchsreihe zu bezeichnen sind. Es sind dies Eier, deren Plasma sich nicht von der Eiwand gelöst hatte und zentrale Aufhellungen aufwies (Abb.7, S.60).

Die zerstörende Wirkung dieser beiden Faktoren - Trockenheit und hohe Temperatur - auf die Askarideneier ist sehr groß. Während sich nach 1 Stunde noch 92,7 % Larven entwickelten, konnten nach 2 Stunden nur noch 68,1 % gezählt werden, nach 8 Stunden sank diese Zahl auf 8,3 % und nach 20 Stunden unterblieb jegliche Entwicklung.

Die für diese Versuchsreihe typische Degenerationsform änderte sich während der gesamten Bebrütungszeit nicht. Im gleichen Maße, wie diese Form zahlenmäßig zunimmt, geht die Anzahl der sich auflösenden Morula- und Vielzellerstadien mit länger werdender Versuchszeit zurück.

(Tab.10, S.53; graph. Darst. 4, S.54)

Tabelle 8: Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Ascaris-suum-Eiern nach verschieden langem Aufenthalt bei 40° C mit Sauerstoff und Feuchtigkeit bei anschließender Bebrütung (29° C)

Bebrütungstag	Versuchsdauer 1 Tag		2 Tage		5 Tage		10 Tage		15 Tage		25 Tage	
	E	NE	E	NE	E	NE	E	NE	E	NE	E	NE
5.	-	8,9	-	18,6	-	8,3	-	15,4	-	97,8	-	100,0
10.	62,7	5,0	73,7	10,6	81,4	8,1	15,5	36,2	-	98,3	-	100,0
15.	92,8	4,0	87,1	8,9	84,4	9,9	51,5	39,1	0,9	97,2	-	100,0
20.	95,2	3,6	89,5	7,7	88,5	7,8	55,9	40,4	0,9	98,7	-	100,0
25.	95,3	3,5	91,5	6,9	88,1	9,2	57,7	39,8	1,5	97,6	-	100,0
30.	95,5	3,7	92,0	6,5	88,2	10,4	56,1	43.1	2,5	97,2	-	100,0
40.	96,6	3,1	93,1	5,8	88,1	11,3	55,1	44,5	2,1	97,5	-	100,0
50.	96,6	3,3	93,3	6,2	87,8	11,9	57,7	42,2	2,7	97,7	-	100,0

Tabelle 9: Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Ascaris-suum-Eiern nach verschieden langem Aufenthalt bei 40° C unter Sauerstoffabschluß bei anschließender Bebrütung (29° C)

Bebrütungstag	Versuchsdauer 1 Tag		2 Tage		5 Tage		10 Tage		15 Tage	
	E	NE	E	NE	E	NE	E	NE	E	NE
5.	-	3,6	-	5,5	-	13,9	-	100,0	-	100,0
10.	93,3	1,7	84,7	5,0	54,4	6,9	-	99,3	-	100,0
15.	95,0	4,9	92,5	7,1	82,3	9,7	0,1	95,7	-	100,0
20.	96,1	3,9	92,8	7,0	84,6	13,9	4.8	90,7	-	100,0
25.	96,2	3,8	92,4	7,5	84,5	13,6	6,9	89,7	-	100,0
30.	96,4	3,6	92,9	7,0	84,8	14,3	8,7	88,1	-	100,0
40.	95,4	4,6	92,5	7,5	83,4	15,2	9,8	89,4	-	100,0
50.	96,3	3,7	92,7	7,3	84,3	14,6	9,5	89,6	-	100,0

E = durchschnittl.Prozentsatz der entwickelten Larven
NE = durchschnittl.Prozentsatz der Eier mit nicht entwickelten Larven

Tabelle 10: Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Ascaris-suum-Eiern nach verschieden langem Aufenthalt bei 40° C unter Trockenheit bei anschließender Bebrütung (29° C)

Bebrütgs.-tag	Versuchsdauer									
	1 Stunde		2 Stund.		4 Stund.		8 Stund.		20 Stund.	
	E	NE	E	NE	E	NE	E	NE	E	NE
5.	-	4,1	-	17,9	-	68,3	-	99,7	-	100,0
10.	83,1	4,1	49,3	22,5	7,5	79,1	-	96,1	-	100,0
15.	93,3	5,7	67,3	29,0	20,9	77,7	0,1	93,7	-	100,0
20.	92,7	7,0	68,3	30,2	20,0	79,1	3,5	89,5	-	100,0
25.	92,6	7,1	68,5	30,5	20,4	79,3	3,9	88,9	-	100,0
30.	92,6	7,0	68,9	30,1	20,4	79,3	6,9	90,7	-	100,0
40.	92,1	7,8	67,5	31,3	21,6	77,3	8,1	90,3	-	100,0
50.	92,7	7,3	68,1	30,5	21,7	77,3	8,3	90,0	-	100,0

Graphische Darstellung 4: Vergleichende Darstellung der durchschnittlich ermittelten Prozentzahlen der entwickelten Askaridenlarven nach Einwirkung von +40° C mit und ohne Sauerstoff sowie bei Trockenheit mit Angabe der Schädigungsquote, berechnet aus den Durchschnittszahlen der Larven in den Versuchen und in den Kontrollen

schraffierte Kästen - Bei Trockenheit
dunkle Kästen - mit Sauerstoff und Feuchtigkeit
weiße Kästen - ohne Sauerstoff

f) Versuche bei +50° C und +60° C

Der Vollständigkeit wegen sollen noch die Versuche bei höheren Temperaturen mit Sauerstoff und Feuchtigkeit erwähnt werden.
Unter der Einwirkung von 50° C waren nach 8 Stunden noch 50,5 % der Eier entwicklungsfähig, nach 1 Tag 29,9 % und nach 2 Tagen konnten noch 10,5 % Larven gezählt werden. Nach 4 Tagen waren alle Eier abgetötet.
Temperaturen von +60° C haben eine sehr schnelle zerstörende Wirkung auf die Askarideneier. Nach 5 Minuten ergab die Larvenzüchtung noch 90,5 %, nach einer halben Stunde wurden noch 79,1 % Larven erreicht, nach 1 Stunde waren aber alle Eier entwicklungsunfähig.

g) Mäuseversuche

Zwischen dem 20. und 30. Bebrütungstag häuten sich die schon vorher ausgebildeten Larven. Sie werden jetzt als bescheidete Larven (Abb.8, S.60) angesprochen und sind nun invasionsfähig. Durch die Infektionsversuche an weißen Mäusen soll geklärt werden, ob es durch schädigende Einflüsse in den einzelnen Versuchsreihen zwar zu einer Larvenentwicklung, eventuell jedoch zum Verlust der Invasionsfähigkeit gekommen ist.
Die Auswertung der aus den Lebern künstlich infizierter Mäuse hergestellten Quetschpräparate zeigte immer einen positiven Befund, so daß es naheliegt zu behaupten, bescheidete Larven von Ascaris suum sind, unabhängig davon, unter welchen Bedingungen sie sich entwickeln, immer invasionsfähig.
Einen Überblick über die durchgeführten Mäuseversuche vermittelt die nachstehende Tabelle 11.

Tabelle 11: Ergebnisse der mit Askaridenlarven aus den einzelnen Versuchsreihen durchgeführten Infektionsversuche an Mäusen

Nr.	Versuche		Larvenausbeute in % des jeweiligen Vers.	Dauer des Infekt.-versuchs	Leber-präparate
1	Kontrollversuch	bei 29° C	94,0	20 1/2	positiv
2	"		95,4	20 1/2	"
3	"		90,2	20 1/2	"
4	1 Tag Sauerstoffmangel	bei -20° C	90,2	24	"
5	5 Tage "		57,6	22	"
6	10 Tage "		32,4	19 3/4	"
7	1 Monat "		17,6	20	"
8	1 Tag Trockenheit		96,8	22 1/4	"
9	5 Tage "		90,6	21	"
10	10 Tage "		72,8	21	"
11	1 Monat "		61,8	19 1/2	"
12	2 Monate "		15,6	22	"
13	3 Monate "		1,0	22 1/4	"
14	10 Tage Sauerstoffmangel	bei +3° C	90,4	24	"
15	20 Tage "		85,6	21 1/2	"
16	1 Monat "		86,2	19 1/2	"
17	2 Monate "		90,2	21 1/4	"
18	3 Monate "		87,4	21	"
19	5 Tage Trockenheit		87,6	19 1/2	"
20	10 Tage "		88,2	19 3/4	"
21	20 Tage "		84,8	20	"
22	1 Monat "		89,6	21	"
23	2 Monate "		86,4	20 3/4	"
24	3 Monate "		89,2	19	"
25	3 Tage Trockenheit	bei 18-21°C	73,4	21	"
26	5 Tage "		40,8	22	"
27	10 Tage "		12,6	20	"
28	2 Monate Sauerstoffmangel		87,6	20	"
29	3 Monate "		93,4	20 1/2	"
30	4 Monate "		86,6	20 1/2	"
31	5 Monate "		95,8	19	"
32	6 Monate "		90,8	19 3/4	"
33	1 Tag + O_2 und H_2O	bei +40° C	96,2	21	"
34	2 Tage " "		93,6	20	"
35	5 Tage " "		90,0	20 1/2	"
36	10 Tage " "		58,8	20 1/2	"
37	15 Tage " "		2,0	21	"
38	1 Tag Sauerstoffmangel		95,6	22	"
39	2 Tage "		92,4	22 1/2	"
40	5 Tage "		86,2	24	"
41	10 Tage "		8,4	21	"
42	1 Stunde Trockenheit		94,2	20 1/4	"
43	2 Stunden "		65,0	20 1/4	"
44	4 Stunden "		28,0	21	"
45	8 Stunden "		10,6	21	"

Abb. 1: 10-tägige Lagerung der Askarideneier bei -20° C
ohne Sauerstoff
25. Bebrütungstag
Auflösungsvorgänge an der Morula, 900:1 Orig.

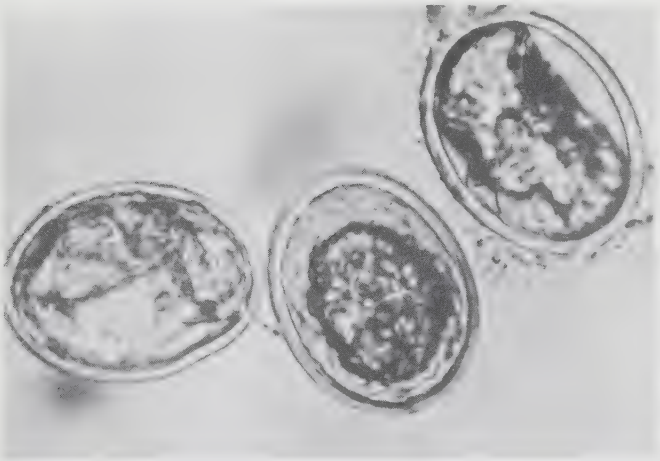


Abb. 2: 5-tägige Lagerung der Askarideneier bei
Zimmertemperatur und Trockenheit
15. Bebrütungstag
Strukturverlust, 750:1 Orig.

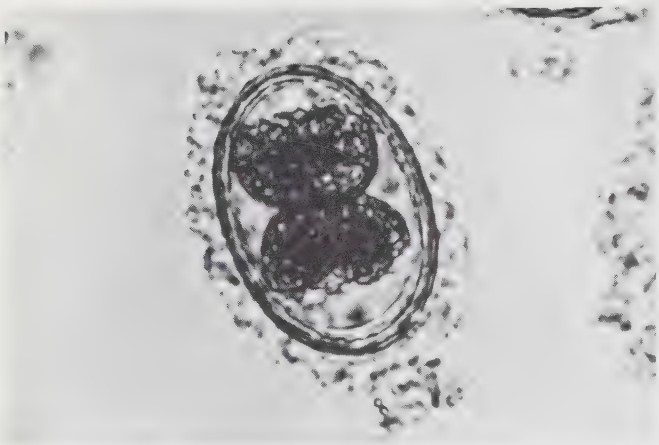


Abb. 3: 10-tägige Lagerung der Askarideneier bei +40° C
mit Sauerstoff und Feuchtigkeit
5. Bebrütungstag
Aufhellung, reversible Schädigung, 900:1 Orig.

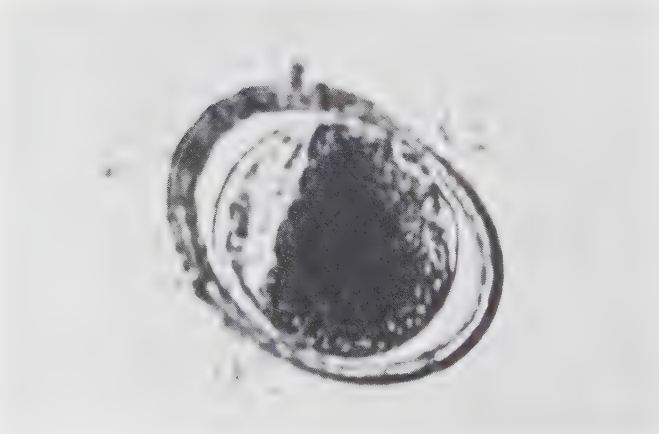


Abb. 4: 25-tägige Lagerung der Askarideneier bei +40° C
mit Sauerstoff und Feuchtigkeit
40. Bebrütungstag
Aufhellung, irreversible Schädigung, 900:1, Orig.

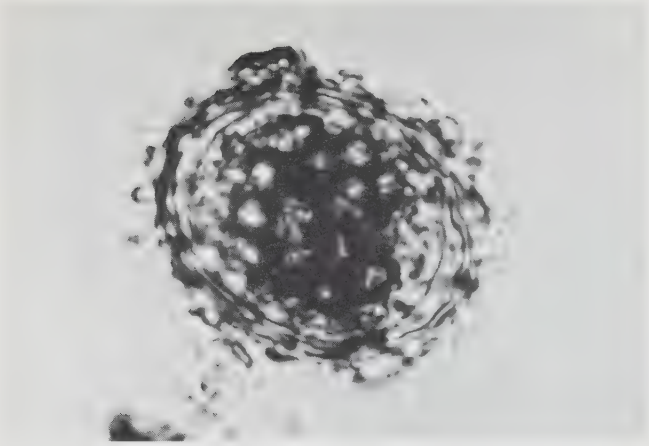


Abb. 5: 10-tägige Lagerung der Askarideneier bei +40° C
ohne Sauerstoff
50. Bebrütungstag
Morulaartige Degeneration, 900:1 Orig.

Abb. 6: 5-tägige Lagerung der Askarideneier bei +40° C
ohne Sauerstoff
50. Bebrütungstag
Blasige Degeneration, 900:1 Orig.

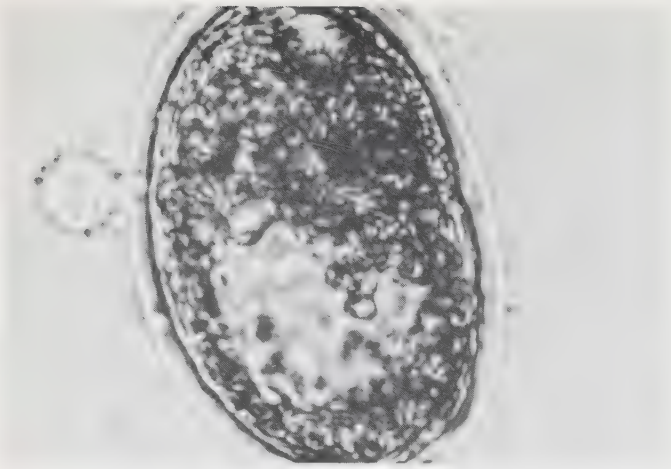


Abb. 7: 3-tägige Lagerung der Askarideneier bei +40° C und Trockenheit
5. Bebrütungstag
Zentrale Aufhellung, 1500:1 Orig.

Abb. 8: Bescheidete Askaridenlarve nach 30-tägiger Bebrütung bei 29° C mit Feuchtigkeit und Sauerstoff, 1600:1 Orig.

2) Ergebnisse der Larvenzüchtung bei dünnschaligen Eiern (Oesophagostomum)

a) Kontrollversuche

Die Kontrollversuche wurden genau wie bei den Askarideneiern bei 29° C im Brutschrank durchgeführt.
Im Gegensatz zu den dickschaligen Eiern von Ascaris suum fallen aber zwei Hauptunterscheidungsmerkmale auf, zum einen ist es der Prozentsatz der entwickelten Larven, zum anderen die sehr schnelle Entwicklung.

Während sich die Askarideneier nur zu 90-95 % entwikkeln, kann man bei den dünnschaligen Oesophagostomumeiern feststellen, daß aus ihnen zu 100 % Larven hervorgehen. Eine Ausnahme bestand nur im Kontrollversuch 9, wo ein normal gefurchtes Ei degenerierte.
Auch wurde bei diesen Kontrollversuchen nie eine Mißbildung beobachtet, wie sie bei den späteren Versuchen noch beschrieben werden wird.
Die trotzdem bei manchen Versuchen auftretenden, nicht zu Larven entwickelten Eier, bei denen das Plasma vollkommen aufgehellt war, sind damit zu erklären, daß immer wieder zwischen den bereits gefurchten Eiern im Kot (Abb.9, S.88) einige wenige auftraten, bei denen das Plasma keine Furchungskugeln aufwies.
Da bei jedem angesetzten Kontrollversuch außer diesen furchungslosen Eiern nur gefurchte Eier, aber keine degenerierten Eier oder schon entwickelte Larven waren, wurden nur diese Eier ohne Furchungskugel zahlenmäßig erfaßt. Die anschließende Auswertung nach 2-tätiger Bebrütung ergab, daß sich keines dieser furchungslosen Eier entwickelte, sondern alle zu den sog. "aufgehellten Eiern" degeneriert waren. Begünstigt wurde diese Aussage durch die Tatsache, daß, bedingt durch die Versuchsanordnung, immer

dieselben Eier erfaßt wurden.
Durch diese geradezu erstaunliche Sicherheit der Entwicklung - Furchungskugeln entwickeln sich bei 29° C immer zu Larven - ist es überflüssig, bei diesen Kontrollversuchen die Larven quantitativ zu berücksichtigen. Nur die einzige Degenerationsform der Kontrollversuche, die aufgehellten Eier, werden zahlenmäßig berücksichtigt. Ihre Anzahl entspricht jeweils den zu Versuchsbeginn vorhandenen Eiern ohne Furchungskugeln und werden deshalb in den Tabellen nicht erfaßt.
Es besteht auch nicht die Möglichkeit, daß sich bei dieser Versuchsanordnung einige Eier auflösen, da bei vielen Vorversuchen, die zur Erforschung des Verhaltens dieser Eier dienten, vor und nach Versuchsbeginn die quantitative Auswertung keinerlei Differenzen ergab.
Ebenso kennzeichnend wie die 100 %ige Entwicklung der Oesophagostomumeier im Kontrollversuch ist ihre Entwicklungsschnelligkeit. So sind nach 4-stündiger Bebrütung schon einige Embryonen in den Eiern zu beobachten, nach 8 Stunden haben sich schon 80 % zu Larven entwickelt, die allerdings noch nicht geschlüpft sind und nach 15 Stunden findet man zum größten Teil nur noch frei bewegliche Larven außerhalb der Eihülle. Nach 24 Stunden ist schon die Endstufe der Entwicklung erreicht: Neben den sich lebhaft schlängelnden Larven (Abb.10, S.88) befinden sich nur noch die aus dem ungefurchten Plasma hervorgegangenen aufgehellten Eier.
Nur in 2 Kontrollversuchen ergaben sich geringfügige Abweichungen: Im Kontrollversuch 9 befand sich am 1. Bebrütungstag noch ein Ei mit Furchungskugeln, das sich jedoch nach Überprüfung am 2. Tag nicht mehr entwickelt hatte. Im Kontrollversuch 7 war eine am 1. Tag sich noch im Ei befindliche Larve erst am 2. Tag geschlüpft.
(Tab.12, S.63)

Tabelle 12: Kontrollversuche:

Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Oesophagostomumeiern während der Bebrütung über 2 Tage bei 29° C

Kontroll-versuche	Versuchsbeginn			1. Bebrütungstag				2. Bebrütungstag			
	Plasma mit Furchungsk.	Larven	aufgehellte Eier	Plasma mit Furchungsk.	Larven im Ei	Larven frei	aufgehellte Eier	Plasma mit Furchungsk.	Larven im Ei	Larven frei	aufgehellte Eier
1	100 %	-	-	-	-	100 %	-	-	-	100 %	-
2	100 %	-	-	-	-	100 %	-	-	-	100 %	-
3	100 %	-	-	-	-	100 %	-	-	-	100 %	-
4	100 %	-	-	-	-	100 %	-	-	-	100 %	-
5	100 %	-	-	-	-	100 %	-	-	-	100 %	-
6	100 %	-	-	-	-	100 %	-	-	-	100 %	-
7	100 %	-	-	-	1 Ei	100 % - 1 Ei	-	-	-	100 %	-
8	100 %	-	-	-	-	100 %	-	-	-	100 %	-
9	100 %	-	-	1 Ei	-	100 % - 1 Ei	-	-	-	100 % - 1 Ei	1
10	100 %	-	-	-	-	100 %	-	-	-	100 %	-
11	100 %	-	-	-	-	100 %	-	-	-	100 %	-
12	100 %	-	-	-	-	100 %	-	-	-	100 %	-

Die Übereinstimmung der Anzahl der Eier mit Plasma ohne Furchungskugeln zu Versuchsbeginn mit der Anzahl der Eier mit aufgehelltem Plasma am 2. Bebrütungstag deutet darauf hin, daß die furchungslosen Eier gar nicht befruchtet und somit überhaupt nicht entwicklungsfähig sind.

b) Versuche bei -20° C

Bei Trockenheit

Schon nach kurzfristigen Aufenthalten im Tiefkühlfach bei -20° C ist eine sehr hohe Schädigungsquote der trocken gehaltenen Eier zu verzeichnen. So entwickeln sich nach 5 Minuten nur noch 13,3 %, nach 15 Minuten 4,0 %, nach 1 Stunde 2,0 % und nach 3 Stunden 1,6 % (Durchschnittswerte der 3 Parallelversuche). Nach 5 Stunden ist kein Ei mehr in der Lage, eine Entwicklung einzugehen.
Auffällig ist die nicht sehr differierende Anzahl der entwickelten Larven, angefangen vom kürzesten bis zum längsten Versuch, in dem sich keine Larven mehr entwickeln. Dies ist wohl durch einen regelrechten "Kälteschock" zu erklären, den alle Eier in sämtlichen Versuchen schon gleich nach Versuchsbeginn erleiden und unter dessen Wirkung die meisten sofort zugrunde gehen. Nur einige wenige überleben dann noch die nachfolgenden Versuchszeiträume.
Wie schon bei den Kontrollversuchen, ist auch hier die Entwicklung nach 1 Tag im großen und ganzen abgeschlossen. Bei 2 Versuchen traten am 1. Tag der Bebrütung noch Larven bzw. Embryonen im Ei auf, die dann aber am 2. Bebrütungstag geschlüpft waren, jedoch zeigten sich deutlich Mißbildungserscheinungen an ihnen, auf die aber erst bei den Versuchen bei +40° C und +3° C näher eingegangen wird.

Die nicht entwicklungsfähigen Eier tendieren von Anfang an zu der dunklen, körnigen Degenerationsform. Der starke Anstieg dieser dunklen Eier in den ersten beiden Versuchsreihen (5 und 15 Minuten) am 2. Bebrütungstag ist dadurch zu erklären, daß am 1. Tag viele Eier morphologisch zwischen den beiden Degenerationsformen stehen und erst am 2. Tag genau zu differenzieren sind.
(Tab.13, S.66; graph. Darst. 5, S.68)

Ohne Sauerstoff

Die Entwicklungsquote bei den sauerstofffrei gelagerten Eiern fällt bei gleicher Versuchsdauer noch geringer aus als bei den trocken gelagerten Eiern, was der Entwicklungstendenz bei den dickschaligen Askarideneiern entspricht. Nach 5-minütiger Versuchszeit sind nur noch 3,6 % der Eier entwicklungsfähig, nach 15 Minuten 2,0 %, nach 30 Minuten 1,0 % und nach 3 Stunden sind sämtliche Eier zerstört.
Nach dem anfänglichen "Kälteschock" entwickeln sich auch hier die Eier wieder innerhalb eines Tages im Brutschrank, gelegentlich zu diesem Zeitpunkt noch innerhalb der Eischale auftretende Larven schlüpfen zum Teil noch am 2. Tag. Hierbei sind wiederum Mißbildungen zu beobachten, die aber auch schon am 1. Tag vorhanden sein können.
Die Entwicklung verläuft also ähnlich wie bei den Versuchsreihen, die in trockenem Milieu durchgeführt wurden. Bei den kurzfristigen Versuchen ohne Sauerstoff löst sich allerdings das Plasma der Eier auf, so daß hier die aufgehellte Degenerationsform vorherrscht, während bei den langfristigen Versuchen die dunkle, körnige überwiegt.
(Tab.14, S.67; graph. Darst. 5, S.68)

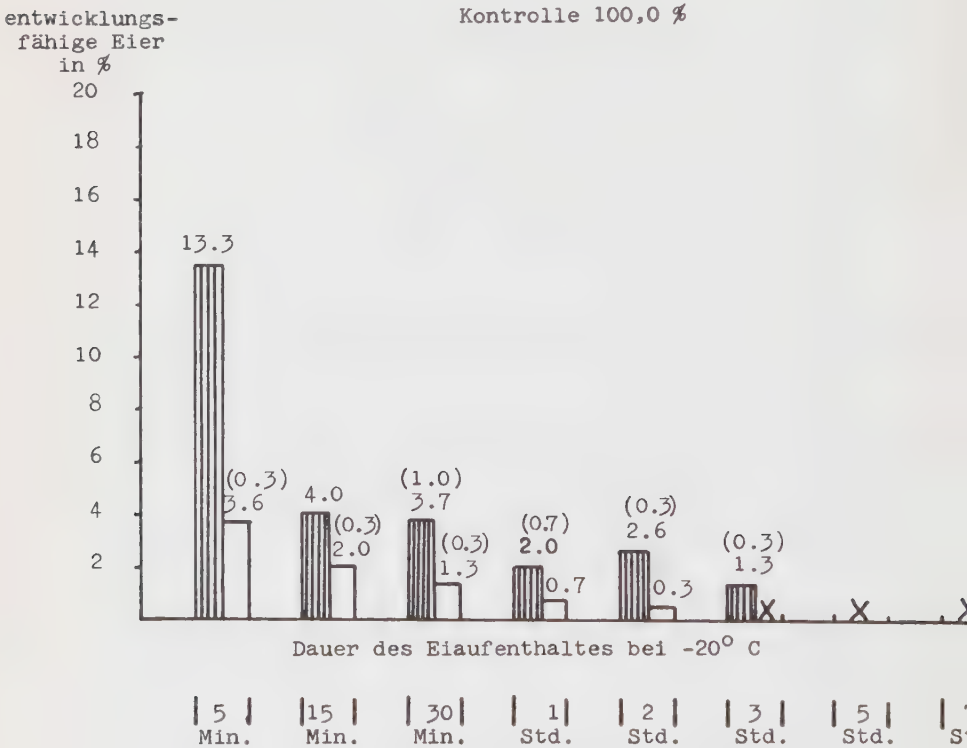
Tabelle 13: Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Eiern von Oesophagostomum nach verschieden langer Lagerung bei -20° C und Trockenheit während der anschließenden Bebrütung bei 29° C über 2 Tage

Versuchsdauer	LARVEN (in %)			EIER (in %)			
	im Ei	frei	Mißbildungen	Plasma mit Furchungskugeln	dunkel, körnige Eier	aufgehellte Eier	Zeitpunkt der Auswertung
5 Minuten	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	12,3	-	-	35,0	52,7	1. Tag (29° C)
	-	13,3	-	-	59,3	27,3	2. Tag (29° C)
15 Minuten	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	3,7	-	0,7	37,7	58,0	1. Tag (29° C)
	-	4,0	-	-	78,3	17,7	2. Tag (29° C)
30 Minuten	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	0,7	2,7	0,3	1,0	83,7	11,7	1. Tag (29° C)
	-	2,7	1,0	-	85,7	10,7	2. Tag (29° C)
1 Stunde	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	1,7	0,3	-	87,3	10,7	1. Tag (29° C)
	-	1,3	0,7	-	88,7	9,3	2. Tag (29° C)
2 Stunden	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	2,0	0,3	1,0	80,3	16,3	1. Tag (29° C)
	-	2,3	0,3	-	80,7	16,7	2. Tag (29° C)
3 Stunden	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	1,0	-	1,7	86,7	10,3	1. Tag (29° C)
	-	1,0	0,3	0,3	88,7	9,7	2. Tag (29° C)
5 Stunden	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	2,0	85,7	12,3	1. Tag (29° C)
	-	-	-	1,0	86,0	13,0	2. Tag (29° C)

Tabelle 14: Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Eiern von Oesophagostomum nach verschieden langer Lagerung bei -20° C und Sauerstoffmangel während der anschließenden Bebrütung bei 29° C über 2 Tage

Versuchsdauer	LARVEN (in %)			EIER (in %)			
	im Ei	frei	Mißbildungen	Plasma mit Furchungskugeln	dunkel, körnige Eier	aufgehellte Eier	Zeitpunkt der Auswertung
5 Minuten	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	1,0	2,7	-	-	44,0	52,3	1. Tag (29°C)
	-	3,3	0,3	-	44,3	52,0	2. Tag (29°C)
15 Minuten	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	1,3	1,0	-	0,3	23,0	74,3	1. Tag (29°C)
	-	1,7	0,3	-	23,7	74,3	2. Tag (29°C)
30 Minuten	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	1,7	0,7	-	2,7	28,0	68,0	1. Tag (29°C)
	-	1,0	0,3	0,3	27,0	71,3	2. Tag (29°C)
1 Stunde	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	0,3	0,3	-	1,7	52,0	45,7	1. Tag (29°C)
	-	0,7	-	0,7	54,0	44,7	2. Tag (29°C)
2 Stunden	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	0,3	-	0,3	93,7	5,7	1. Tag (29°C)
	-	0,3	-	-	94,7	5,0	2. Tag (29°C)
3 Stunden	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	1,3	91,0	7,7	1. Tag (29°C)
	-	-	-	0,7	92,0	7,3	2. Tag (29°C)

Graphische Darstellung 5: Vergleichende Darstellung der durchschnittlich ermittelten Prozentzahlen der entwickelten Oesophagostomum-Larven nach Aufenthalt der Eier bei -20° C und Trockenheit sowie bei Sauerstoffabschluß und anschließender Bebrütung



schraffierte Kästen - bei Trockenheit
weiße Kästen - ohne Sauerstoff

Die Zahlen in den Klammern stellen die in der Gesamtzahl mitberücksichtigte Anzahl der leicht mißgebildeten Larven dar.

c) Versuche bei +3° C

Mit Sauerstoff und Feuchtigkeit

Bei Anwesenheit dieser für die Entwicklung von Wurmeiern notwendigen Faktoren konnte in keinem Versuch beobachtet werden, daß die Eier bei dieser Temperatur in der Lage sind, eine Entwicklung einzugehen. Im Gegenteil, mit zunehmender Versuchsdauer wird auf die Oesophagostumumeier ein immer stärker werdender schädigender Einfluß ausgeübt.

Nach 1-tägiger Versuchsdauer entwickeln sich nur noch 45,7 % Larven, während im Kontrollversuch zu diesem Zeitpunkt schon 100 % frei bewegliche Larven vorhanden sind, 54,3 % der Eier sind also nach dieser kurzen Zeit schon zerstört.

1,3 % der Eier entwickeln sich nach 15-tägiger Versuchsdauer und nachfolgender Bebrütung unter optimalen Verhältnissen, das sind 98,7 % weniger im Vergleich zum Kontrollversuch. Nach 30-tägigem Aufenthalt unter diesen Bedingungen haben alle Eier die Fähigkeit zur Weiterentwicklung verloren.

Bei den kurzfristigen Versuchen bis zu 7 Tagen ist an den meisten Eiern nach Versuchsende keine morphologische Veränderung festzustellen. Sie weisen wie zu Versuchsbeginn ein gefurchtes Plasma auf. Während der anschließenden Bebrütung stellt sich allerdings heraus, daß viele dieser Eier schon irreversibel geschädigt sind und sich zu der aufgehellten Degenerationsform umbilden. Bei den langfristigen Versuchen sind nach Versuchsende viele der Eier schon morphologisch als entwicklungsunfähig zu erkennen. Es handelt sich in diesem Fall meistens um Eier mit dunklem, körnigem Plasma, deren Anzahl mit zunehmender Versuchsdauer in gleichem Maße größer wird, wie die Anzahl der Eier mit aufgehelltem Plasma abnimmt. Eine genaue Differenzierung zwischen beiden Degenerationsformen (Abb.11, S.89) ist meistens erst am ersten Bebrütungstag möglich. (Tab.15, S.72; graph. Darst. 6, S.76)

Ohne Sauerstoff

Der erste Tag der Auswertung liegt bei dieser Versuchsreihe erst nach Einwirkung der Versuchsbedingung, da eine vorherige genaue Erfassung der Eier aufgrund der großen Anzahl der Eier (ca. 4 000) nicht sinnvoll ist, da nicht feststeht, welche dieser ausgewerteten Eier später zur Bebrütung gelangen.

Nach 1-tägigem Sauerstoffentzug ist keine weitere Entwicklung festzustellen, nach anschließender Bebrütung über 2 Tage vermögen sich noch 31,4 % Larven zu entwickeln. Dies sind 68,6 % weniger als in den Kontrollversuchen.

Nach 7 Tagen sind nur noch 1 % der Eier entwicklungsfähig geblieben. 99 % sind also im Vergleich zu den Kontrollversuchen zerstört worden. Nach 10-tägiger Versuchsdauer haben alle Eier ihre Entwicklungsfähigkeit eingebüßt.

Zur morphologischen Struktur der irreversibel geschädigten Eier ist zu bemerken, daß nach Versuchsende das Plasma bei fast allen Eiern normal gefurcht ist, während der Bebrütung jedoch bei den meisten aufhellt und zwar in einem ziemlich konstanten Prozentsatz, wie dies aus der Tabelle ersichtlich wird.

(Tab.16, S.73; graph. Darst. 6, S.76)

Bei Trockenheit

Die Versuchszeiten erstrecken sich über einen Zeitraum von 1 bis zu 10 Tagen. Eine Weiterentwicklung zum Embryonal- oder Larvenzustand wurde wiederum durch diese Versuchsbedingung verhindert.
Unter optimalen Verhältnissen im Brutschrank sind nach 1-tägiger Versuchsdauer noch 6,3 % der Eier in der Lage, frei bewegliche Larven auszubilden, dies sind im Vergleich zum Kontrollversuch 93,7 % weniger.

Nach 3-tägigem Aufenthalt im Kühlraum bei Trockenheit entwickeln sich nur noch 1 % Larven, die Schädigungsquote beträgt hier schon 99 %, um nach 5-tägiger Versuchszeit auf 100 % anzusteigen.
Die der Trockenheit bei dieser Temperatur ausgesetzten Eier zeichnen sich zum größten Teil durch die dunkel-körnige Degenerationsform aus. Der Anteil der Eier mit aufgehelltem Plasma beträgt 7-13 %, nur bei 1-tägiger Versuchsdauer erreicht er 20 %.
(Tab.17, S.74; graph. Darst. 6, S.76)

Tabelle 15: Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Eiern von Oesophagostomum nach verschieden langer Lagerung bei +3° C mit Sauerstoff und Feuchtigkeit während der anschließenden Bebrütung bei 29° C über 2 Tage

Versuchsdauer	LARVEN (in %)			EIER (in %)			Zeitpunkt der Auswertung
	im Ei	frei	Mißbildungen	Plasma mit Furchungskugeln	dunkel, körnige Eier	aufgehellte Eier	
1 Tag	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	99,7	0,3	-	nach 1 Tag(3°C)
	-	39,3	5,0	-	2,0	53,7	1. Tag (29°C)
	-	40,0	5,7	-	1,7	52,7	2. Tag (29°C)
2 Tage	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	99,0	1,0	-	nach 2Tag.(3°C)
	-	19,3	4,0	0,7	1,3	74,7	1. Tag (29°C)
	-	20,7	3,7	-	2,0	73,7	2. Tag (29°C)
3 Tage	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	96,0	1,7	2,3	nach 3 Tag.(3°C)
	3,7	11,7	3,3	-	2,7	78,7	1. Tag (29°C)
	-	13,3	6,0	-	2,7	78,0	2. Tag (29°C)
5 Tage	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	91,0	5,3	3,7	nach 5Tag.(3°C)
	1,0	11,3	3,0	-	7,3	77,3	1. Tag (29°C)
	-	12,3	3,7	-	6,3	77,7	2. Tag (29°C)
7 Tage	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	87,0	5,0	8,0	nach 7Tag.(3°C)
	1,0	4,3	2,0	0,3	7,7	84,7	1. Tag (29°C)
	-	5,0	2,3	0,3	14,3	78,0	2. Tag (29°C)
10 Tage	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	68,7	31,3	-	nach 10 Tag.(3°C)
	1,0	0,7	0,3	3,3	18,7	76,0	1. Tag (29°C)
	-	1,0	0,7	-	21,0	77,3	2. Tag (29°C)
15 Tage	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	38,7	61,3	-	nach 15Tag.(3°C)
	0,3	0,3	0,3	1,3	47,3	50,3	1. Tag (29°C)
	-	1,0	0,3	0,3	46,0	52,3	2. Tag (29°C)
30 Tage	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	28,0	72,0	-	nach 30Tag.(3°C)
	-	-	-	0,7	71,0	28,3	1. Tag (29°C)
	-	-	-	0,7	76,0	23,3	2. Tag (29°C)

Tabelle 16: Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Eiern von Oesophagostomum nach verschieden langer Lagerung bei +3° C und Sauerstoffmangel während der anschließenden Bebrütung bei 29° C über 2 Tage

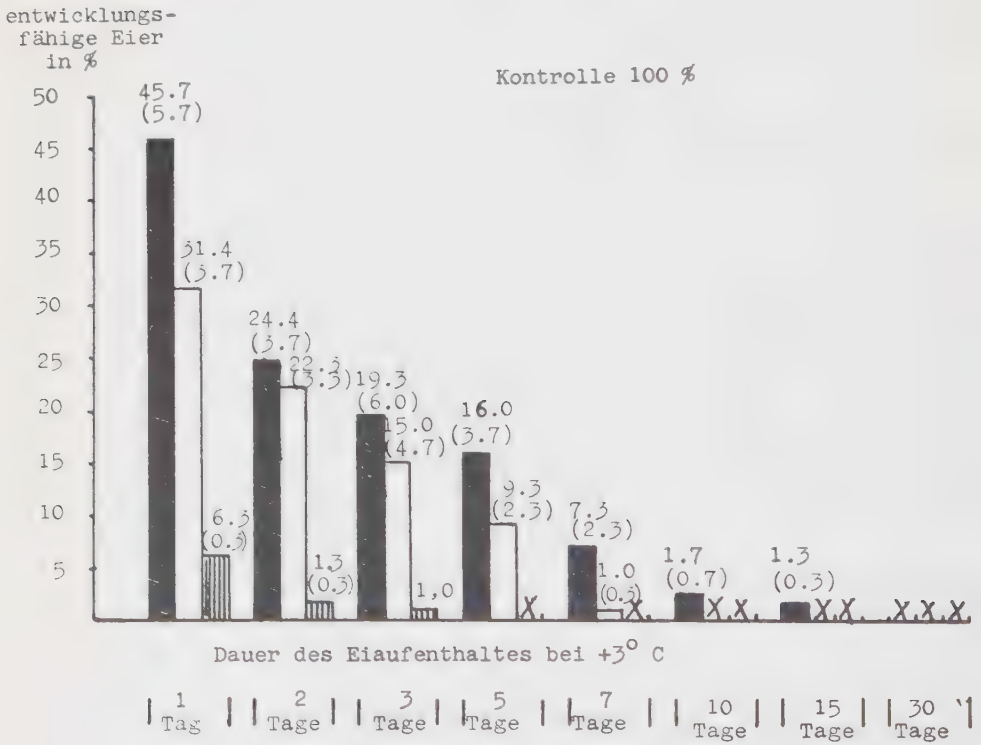
Versuchsdauer	LARVEN (in %)			EIER (in %)			
	im Ei	frei	Mißbildungen	Plasma mit Furchungskugeln	dunkel, körnige Eier	aufgehellte Eier	Zeitpunkt der Auswertung
1 Tag	-	-	-	97,3	2,7	-	Versuchsende
	1,0	27,3	2,7	-	3,0	66,0	1. Tag (29°C)
	-	27,7	3,7	-	3,0	65,7	2. Tag (29°C)
2 Tage	-	-	-	97,7	2,0	0,3	Versuchsende
	1,0	18,3	2,3	-	2,0	76,3	1. Tag (29°C)
	-	19,0	3,3	-	2,3	75,3	2. Tag (29°C)
3 Tage	-	-	-	96,0	2,0	2,0	Versuchsende
	2,7	9,7	2,7	-	2,0	83,0	1. Tag (29°C)
	-	10,3	4,7	-	2,0	83,0	2. Tag (29°C)
5 Tage	-	-	-	95,7	3,0	1,3	Versuchsende
	0,3	7,3	1,7	0,3	3,0	87,3	1. Tag (29°C)
	-	7,0	2,3	-	2,7	88,0	2. Tag (29°C)
7 Tage	-	-	-	95,3	3,0	1,7	Versuchsende
	-	0,7	0,3	0,7	7,7	90,7	1. Tag (29°C)
	-	0,7	0,3	-	8,7	90,3	2. Tag (29°C)
10 Tage	-	-	-	88,0	10,3	1,7	Versuchsende
	-	-	-	-	11,7	88,3	1. Tag (29°C)
	-	-	-	-	15,3	84,7	2. Tag (29°C)

Tabelle 17: Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Eiern von Oesophagostomum nach verschieden langer Lagerung bei +3° C und Trockenheit während der anschließenden Bebrütung bei 29° C über 2 Tage

Versuchsdauer	LARVEN (in %)			EIER (in %)			
	im Ei	frei	Mißbildungen	Plasma mit Furchungskugeln	dunkel, körnige Eier	aufgehellte Eier	Zeitpunkt der Auswertung
1 Tag	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	66,3	33,7	-	nach 1 Tag(3°C)
	2,3	4,7	0,3	1,0	73,3	18,3	1. Tag (29°C)
	-	6,0	0,3	-	74,0	19,7	2. Tag (29°C)
2 Tage	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	51,7	44,3	4,0	nach 2 Tagen(3°C)
	-	1,0	0,3	0,3	88,0	10,3	1. Tag (29°C)
	-	1,0	0,3	0,3	85,3	13,0	2. Tag (29°C)
3 Tage	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	10,3	87,3	2,3	nach 3 Tagen(3°C)
	-	0,7	-	0,7	91,0	7,7	1. Tag (29°C)
	-	1,0	-	-	92,0	7,0	2. Tag (29°C)
5 Tage	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	13,0	81,7	5,3	nach 5 Tagen(3°C)
	-	-	-	1,7	91,0	7,3	1. Tag (29°C)
	-	-	-	-	91,7	8,3	2. Tag (29°C)
7 Tage	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	9,3	84,3	6,3	nach 7 Tagen(3°C)
	-	-	-	2,7	88,7	8,7	1. Tag (29°C)
	-	-	-	0,3	89,3	10,3	2. Tag (29°C)
10 Tage	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	1,0	91,0	8,0	nach 10 Tagen(3°C)
	-	-	-	0,7	91,3	8,0	1. Tag (29°C)
	-	-	-	-	92,0	8,0	2. Tag (29°C)

Besonders gut ist bei allen diesen Versuchsreihen bei +3° C eine Eigentümlichkeit in der Entwicklung der Oesophagostomumeier zu beobachten, die bei den Askarideneiern nie aufgetreten war. Das sind gewisse Mißbildungen der Larven, die schon nach 1 Tag Aufenthalt bei 3° C vorkommen. Diese Deformationen sind allerdings nur leichterer Art und traten auch schon in den Versuchsreihen bei -20° C auf. Folgende Veränderungen sind am häufigsten zu sehen: Örtliche Verdickungen und Einschnürungen des Hautschlauches (Abb.12, S.89), fehlender Schwanz und mehr oder weniger starke Abknickungen des Hautschlauches. Bei einigen wenigen Larven kommen auch innere Veränderungen vor. So tritt an die Stelle des sonst sehr gut zu sehenden gewundenen Darmes ein einfaches, glattes Rohr, das den Körper durchzieht. Diese derart veränderten Larven besitzen noch eine lebhafte Bewegungsfähigkeit. Aus diesem Grunde und wegen der geringfügigen Veränderungen werden sie in der graphischen Darstellung Nr.6 zu dem Durchschnittsprozentsatz der normal entwickelten Larven gerechnet.

Graphische Darstellung 6: Vergleichende Darstellung der durchschnittlich ermittelten Prozentzahlen der entwickelten Oesophagostomum-Larven nach Aufenthalt der Eier bei +3° C mit und ohne Feuchtigkeit und bei Sauerstoffabschluß sowie nachfolgender Bebrütung



dunkle Kästen - mit Feuchtigkeit und Sauerstoff
helle Kästen - ohne Sauerstoff
schraff. Kästen - bei Trockenheit

Die Zahlen in den Klammern stellen die in der Gesamtzahl mitberücksichtigte Anzahl der leicht mißgebildeten Larven dar.

d) Versuche bei Zimmertemperatur (21-23° C)

Mit Sauerstoff und Feuchtigkeit

Es wurden 6 Versuche bei Zimmertemperatur in Anwesenheit von Sauerstoff und Feuchtigkeit durchgeführt. Die jeweilige Temperatur wurde genauestens durch einen Meteorographen kontrolliert, um etwaige Temperaturschwankungen berücksichtigen zu können.
Bei 3 Versuchen herrschte eine Temperatur von 21-23° C. In allen Versuchen fand eine Larvenentwicklung von 100 % statt. Dieses Ergebnis entspricht den Kontrollversuchen bei 29° C.
Bei den restlichen 3 Versuchen wurde eine Temperatur von 20-22° C gemessen, allerdings sank sie in den ersten 24 Stunden nachts auf 17° C. Dies hatte zur Folge, daß nach 24 Stunden nur 15,3 % Larven (Durchschnitt) geschlüpft waren, 82 % waren schon entwikkelt, aber befanden sich noch in der Eihülle, die Entwicklungsgeschwindigkeit war also zurückgegangen. Die restlichen 2,7 % entfielen auf bereits zerstörte Eier oder auf Furchungskugeln, die jedoch nicht mehr entwicklungsfähig waren.
Die nachfolgenden Versuchsreihen ohne Sauerstoff und bei Trockenheit wurden bei einer konstanten Temperatur von 21-23° C durchgeführt. So konnte vermieden werden, daß schon eine Schädigung der Eier allein durch Temperaturschwankungen eintrat, wie es beim Temperaturabfall auf 17° C der Fall war.
(Tab.18, S.79; graph. Darst. 7, S.81)

Ohne Sauerstoff

Trotz des Sauerstoffabschlusses entwickeln sich die Larven schon während der Versuchszeit. Diese Tatsache muß damit erklärt werden, daß ein geringfügiger Sauerstoffanteil, der nach der Stickstoffbelüftung übrig bleibt, ausreicht, um bei der geringen Eierzahl eine Larvenentwicklung zu ermöglichen. Im Ge-

gensatz zu den vergleichbaren Versuchen mit Sauerstoff ist hier die Entwicklungsgeschwindigkeit jedoch langsamer, nach 24 Stunden befinden sich noch 62,3 % der Larven in den Eiern, während dort schon 99-100 % geschlüpft sind. Außerdem wird durch den geringen Sauerstoffgehalt eine Anzahl von Eiern geschädigt. So werden nach 1-tägigem Aufenthalt unter diesen Versuchsbedingungen 6,7 % zerstört, nach 2 Tagen 8,3 %, nach 3 Tagen 8,7 %.
Eine längere Versuchsanordnung als 3 Tage kann nicht durchgeführt werden, da sich die degenerierten Eier mit aufgehelltem Plasma nach dem 3. Tage auflösen. Deshalb kann nach 2 Tagen Sauerstoffabschluß nur noch der 1. Bebrütungstag ausgewertet werden, nach 3 Tagen nur noch das Versuchsende. Nach 5 Tagen ist dies nicht mehr möglich, da sich nach Auflösung der aufgehellten Eier mit Ausnahme einiger dunkel-körniger Eier nur noch Larven im Versuch befinden und sich somit ein falscher Prozentsatz entwickelter Larven ergeben würde.
(Tab.19, S.79; graph. Darst. 7, S.81)

Bei Trockenheit

Der schädigende Einfluß auf die bei Trockenheit und Zimmertemperatur gelagerten Eier ist sehr groß. Während sich nach einer halben Stunde und anschließender Bebrütung noch 65,7 % Larven entwickeln, also 34,3 % weniger als in den Kontrollversuchen, sind es nach einer Stunde nur noch 11,3 %, nach 2 Stunden 5,3 % und nach 3 Stunden 1,3 %. Nach 5 Stunden treten nur noch irreversibel geschädigte Eier auf, wobei die dunkel-körnig veränderten Eier den größten Anteil darstellen und nach 10-stündiger Versuchsdauer die alleinige Degenerationsform bilden.
(Tab.20, S.80; graph. Darst. 7, S.81)

Tabelle 18: Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Eiern von Oesophagostomum bei Zimmertemperatur (21-23° C und 17-22° C) mit Sauerstoff und Feuchtigkeit

Versuchstemperatur	LARVEN (in %)			EIER (in %)			
	im Ei	frei	Mißbildungen	Plasma mit Furchungskugeln	dunkel, körn. Eier	aufgehellte Eier	Zeitpunkt der Auswertung
21-23° C	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	0,7	99,3	-	-	-	-	1. Tag
	-	100,0	-	-	-	-	2. Tag
17-22° C	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	82,0	15,3	-	1,3	1,3	-	1. Tag
	-	97,3	-	0,3	1,7	0,7	2. Tag

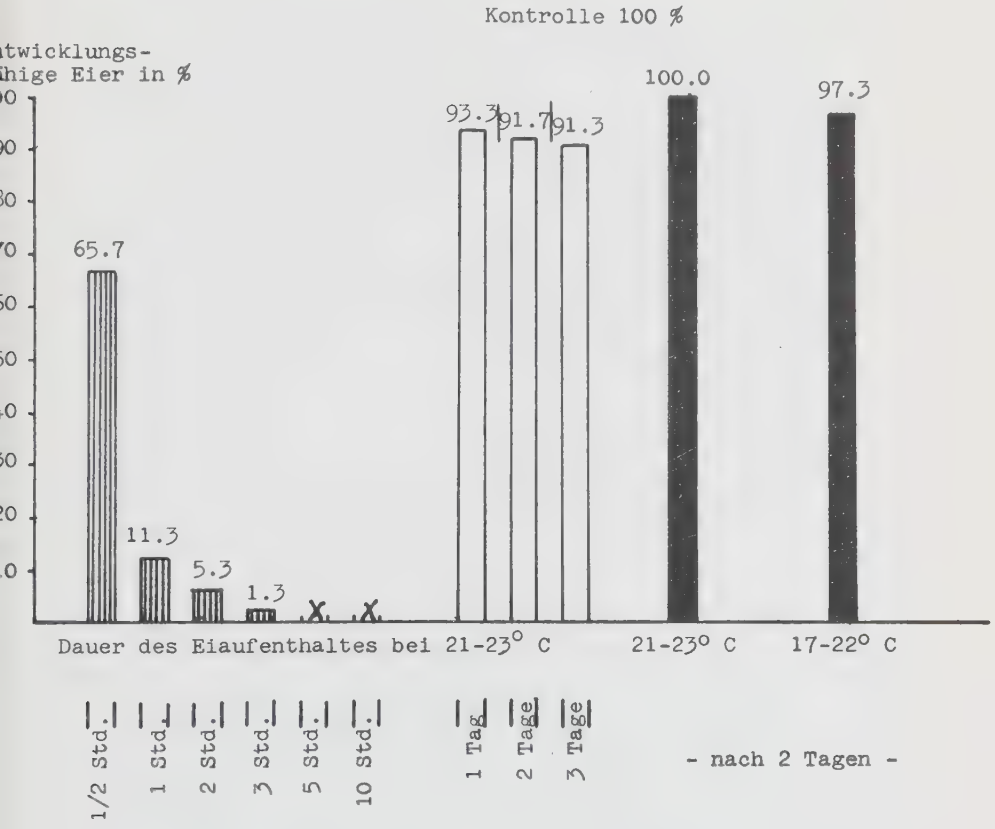
Tabelle 19: Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Eiern von Oesophagostomum nach verschieden langer Lagerung bei Zimmertemperatur (21-23° C) und Sauerstoffmangel während der anschließenden Bebrütung bei 29° C über 2 Tage

Versuchsdauer	LARVEN (in %)			EIER (in %)			
	im Ei	frei	Mißbildungen	Plasma mit Furchungskugeln	dunkel, körnige Eier	aufgehellte Eier	Zeitpunkt der Auswertung
1 Tag	62,3	32,3	-	-	1,3	4,0	Versuchsende
	-	93,7	-	-	1,7	4,7	1. Tag (29°C)
	-	93,3	-	-	2,0	4,7	2. Tag (29°C)
2 Tage	3,7	87,7	-	-	1,3	7,3	Versuchsende
	-	91,7	-	-	1,0	7,3	1. Tag (29°C)
	-	-	-	-	-	-	2. Tag (29°C)
3 Tage	1,0	91,3	-	-	0,7	7,0	Versuchsende
	-	-	-	-	-	-	1. Tag (29°C)
	-	-	-	-	-	-	2. Tag (29°C)

Tabelle 20: Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Eiern von Oesophagostomum nach verschieden langer Lagerung bei Zimmertemperatur (21-23° C) und Trockenheit während der anschließenden Bebrütung bei 29° C über 2 Tage

Versuchs-dauer	LARVEN (in %)			EIER (in %)			
	im Ei	frei	Mißbildungen	Plasma mit Furchungskugeln	dunkel, körnige Eier	aufgehellte Eier	Zeitpunkt der Auswertung
1/2 Stunde	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	0,3	65,7	-	-	31,0	3,0	1. Tag (29° C)
	-	65,7	-	-	30,0	4,3	2. Tag (29° C)
1 Stunde	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	11,3	-	-	86,3	2,3	1. Tag (29°c)
	-	11,3	-	-	85,3	3,3	2. Tag (29°C)
2 Stunden	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	5,3	--	-	93,0	1,7	1. Tag (29°C)
	-	5,3	-	-	92,3	2,3	2. Tag (29°C)
3 Stunden	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	1,0	-	-	94,0	5,0	1. Tag (29°C)
	-	1,3	-	-	90,3	8,3	2. Tag (29°C)
5 Stunden	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	-	98,0	2,0	1. Tag (29°C)
	-	-	-	-	99,0	1,0	2. Tag (29°C)
10 Stunden	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	-	100,0	-	1. Tag (29°C)
	-	-	-	-	100,0	-	2. Tag (29°C)

Graphische Darstellung 7: Vergleichende Darstellung der durchschnittlich ermittelten Prozentzahlen der entwickelten Oesophagostomum-Larven nach Aufenthalt der Eier bei Zimmertemperatur (21-23° C) mit und ohne Feuchtigkeit und bei Sauerstoffabschluß sowie nachfolgender Bebrütung



schraffierte Kästen - bei Trockenheit
weiße Kästen - ohne Sauerstoff
dunkle Kästen - mit Feuchtigkeit und Sauerstoff

e) Versuche bei +40° C

Bei Trockenheit

Unter dieser Versuchsanordnung wird der größte zerstörende Einfluß auf die dünnschaligen Eier von Oesophagostomum dentatum ausgeübt. Nach 5-minütiger Versuchsdauer und anschließender Bebrütung bei 29° C sind im Vergleich zu den Kontrollversuchen schon 61,3 % der Eier zerstört. Es entwickeln sich nur noch 38,7 % Larven. Von den irreversibel geschädigten Eiern sind 50,7 % dunkel-körnig degeneriert; 10,6 % entfallen auf Eier mit aufgehelltem Plasma.

Nach 15 Minuten und in den weiteren Versuchen über eine halbe, 1, 2 und 3 Stunden ist kein Ei mehr entwicklungsfähig geblieben. Nach 24-stündiger Bebrütung zeichnen sich alle Eier nur noch durch die dunkel-körnige Degenerationsform aus.
(Tab.21, S.85; graph. Darst. 8, S.87)

Mit Sauerstoff und Feuchtigkeit

Die Widerstandsfähigkeit der Oesophagostomumeier bei 40° C erhöht sich bei Anwesenheit von Feuchtigkeit erheblich. Zur Zeit der Probeentnahme aus dem Brutschrank (40° C) ist bei den 1-, 2- und 4-stündigen Versuchen eine nennenswerte Schädigung nicht zu verzeichnen, sondern sogar eine Weiterentwicklung der Eier zu beobachten. Nach 2 Stunden ist das Plasma bei einigen Eiern schon leicht bohnenförmig, also das Embryonalanfangsstadium, nach 4 Stunden sieht das Plasma bei allen bohnenförmig aus. Bei der darauffolgenden Bebrütung bei 29° C zeigt sich, daß die Entwicklungsfähigkeit der Eier nicht sonderlich gelitten hat, es entwickeln sich
nach 1 Stunde Aufenthalt bei 40° C: 93,0 % Larven,
nach 2 Stunden Aufenthalt bei 40° C: 88,7 % Larven
und 0,3 % Mißbildungen (Abb.13, S.90),
nach 4 Stunden Aufenthalt bei 40° C: 87 % Larven
und 0,3 % Mißbildungen.

Nach 8-stündiger Versuchsdauer (bei 40° C) sind in 91 % der Eier bereits Larven entwickelt, 7,3 % sind schon irreversibel geschädigt. Nach 1 Tag der Bebrütung (bei 29° C) stellt sich allerdings heraus, daß ein sehr großer Teil der Larven schwere Schäden erlitten hat.
Die in diesem und in den folgenden Versuchen am 2. Tag noch in den Eiern befindlichen Larven können am 3. Bebrütungstag nicht mehr auf ihre Schlüpffähigkeit untersucht werden, da sich nach 2 Tagen die zerstörten Eier auflösen und sich somit eine Verzerrung des Entwicklungsbildes ergeben würde. Insgesamt entwickeln sich nach 8-stündigem Versuch noch 45,6 % normale und 37,6 % mißgebildete Larven.
Nach 16-stündigem Einfluß von 40° C sind nur ca. 2 % der Larven geschlüpft, ca. 8 % sind zerstört und die restlichen 90 % der Larven befinden sich noch in der Eihülle. Hier sind sogar schon an den noch nicht geschlüpften Larven starke Degenerationserscheinungen festzustellen. Schlüpffähig sind insgesamt noch 10,3 % Normallarven und 16,7 % Mißbildungen, deren Gestaltsveränderung ausgeprägter als im vorherigen Versuch ist.
Die Zunahme der zerstörten Eier mit aufgehelltem Plasma am 1. und 2. Bebrütungstag ist darauf zurückzuführen, daß sich die restlichen Larven in den Eiern auflösen. Diese Auflösung von schon entwickelten Larven führt schließlich dazu, daß nach 1-tägiger Versuchsdauer bei der sofortigen Auswertung schon 55,7 % der Eier der aufgehellten Degenerationsform zugeordnet werden muß. Diese Zahl erhöht sich nach 2-tägiger Bebrütungszeit noch mehr; normale Larven treten überhaupt nicht mehr auf. Die noch geschlüpften Larven - 5,3 % - sind so stark geschädigt, daß sie nur noch plumpe, walzenförmige Körper darstellen

und kaum noch Ähnlichkeit mit normalen Oesophagostomumlarven zeigen (Abb.14, S.90). Die am 2. Bebrütungstag noch in den Eiern vorkommenden Larven können ebenfalls kaum noch als solche bezeichnet werden, da sie durch die Auflösungsvorgänge derart verändert worden sind, daß ihre ehemalige Struktur nur noch erahnt werden kann.
2-tägige Versuchsdauer unter diesen Bedingungen läßt aufgrund der schon sehr weit fortgeschrittenen Auflösungen keine Auswertung mehr zu.

Zusammenfassend ist also zu sagen, daß eine Temperatur von 40° C bei Anwesenheit von Sauerstoff und Feuchtigkeit zunächst die Larvenbildung unterstützt, dann aber, bis auf wenige Ausnahmen, ein Schlüpfen nicht zuläßt und anschließend die Larven in den Eiern zurückbildet und auflöst (Abb.15 u. 16, S.91).

Zur Morphologie der zerstörten Eier: Es überwiegen die aufgehellten Eier. Der Prozentsatz der dunkelkörnigen Eier ist in allen Versuchen ziemlich konstant und liegt zwischen 0,7 und 2 %.
(Tab.22, S.86; graph. Darst. 8, S.87)

Tabelle 21: Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Eiern von Oesophagostomum nach verschieden langer Lagerung bei +40° C und Trockenheit während der anschließenden Bebrütung bei 29° C über 2 Tage

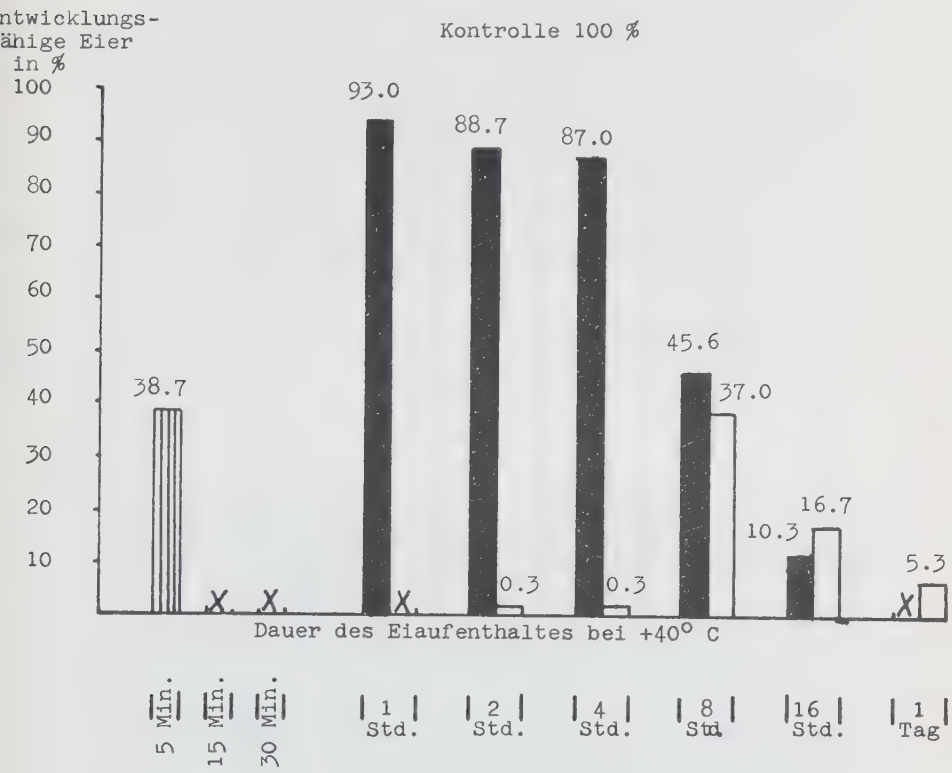
Versuchsdauer	LARVEN (in %)			EIER (in %)			
	im Ei	frei	Mißbildungen	Plasma mit Furchungskugeln	dunkel, körnige Eier	aufgehellte Eier	Zeitpunkt der Auswertung
5 Minuten	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	0,3	37,7	-	-	51,0	11,0	1. Tag (29°C)
	-	38,7	-	-	50,7	10,6	2. Tag (29°C)

Bei den Versuchen über 15 Minuten, 30 Minuten, 1 Stunde, 2 Stunde und 3 Stunden waren nach 1 Bebrütungstag sämtliche Eier dunkel-körnig degeneriert.

Tabelle 22: Ergebnisse der Larvenzüchtung aus Eiern von Oesophagostomum nach verschieden langer Lagerung bei +40° C mit Sauerstoff und Feuchtigkeit während der anschließenden Bebrütung bei 29° C über 2 Tage

Versuchsdauer	LARVEN (in %)			EIER (in %)			Zeitpunkt der Auswertung
	im Ei	frei	Mißbildungen	Plasma mit Furchungskugeln	dunkel, körnige Eier	aufgehellte Eier	
1 Stunde	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	98,0	0,3	1,7	nach 1 Std. (40°C)
	0,3	92,3	-	-	0,7	6,7	1.Tag (29°C)
	-	93,0	-	-	0,7	6,3	2.Tag (29°C)
2 Stunden	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	98,3	-	1,7	nach 2 Std. (40°C)
	-	89,0	0,3	-	1,3	9,3	1. Tag (29°C)
	-	88,7	0,3	-	1,3	9,7	2. Tag (29°C)
4 Stunden	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	-	-	-	99,3	0,3	0,3	nach 4 Std. (40°C)
	0,7	86,7	-	-	1,0	11,7	1. Tag (29°C)
	-	87,0	0,3	-	1,0	11,7	2. Tag (29°C)
8 Stunden	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	91,0	-	-	1,7	1,3	6,0	nach 8 Std. (40°C)
	14,7	44,7	32,7	-	1,7	6,3	1. Tag (29°C)
	6,7	45,6	37,0	-	1,7	9,0	2. Tag (29°C)
16 Stunden	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	89,7	-	2,0	-	0,7	7,7	nach 16 Std. (40°C)
	55,0	10,7	13,3	-	1,3	19,7	1. Tag (29°C)
	26,7	10,3	16,7	-	1,7	44,7	2. Tag (29°C)
1 Tag	-	-	-	100,0	-	-	Versuchsbeginn
	43,3	-	-	-	1,0	55,7	nach 1 Tag (40°C)
	31,0	-	1,0	-	1,0	67,0	1. Tag (29°C)
	9,4	-	5,3	-	1,3	84,0	2. Tag (29°X)

Graphische Darstellung 8: Vergleichende Darstellung der durchschnittlich ermittelten Prozentzahlen der entwickelten Oesophagostomum-Larven nach Aufenthalt der Eier bei +40° C bei Trockenheit sowie Feuchtigkeit und anschließender Bebrütung



schraffierte Kästen - bei Trockenheit
dunkle Kästen - normale Larven bei Sauerstoff und Feuchtigkeit
weiße Kästen - Mißbildungen

Abb. 9: Gefurchtes Ei von Oesophagostomum im Kot 800:1 Orig.

Abb. 10: Oesophagostomumlarve nach 1-tägiger Bebrütung bei 29° C mit Feuchtigkeit und Sauerstoff, 400:1 Orig.

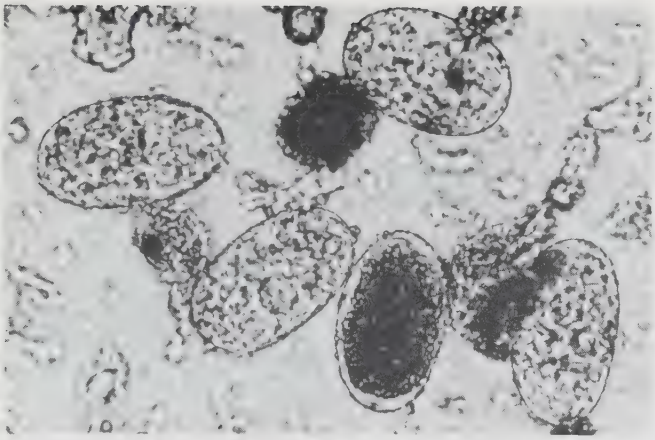


Abb. 11: 7-tägige Lagerung der Oesophagostomumeier bei +3° C mit Feuchtigkeit und Sauerstoff
1. Bebrütungstag
Eier mit aufgehelltem Plasma, 1 Ei mit dunklem, körnigem Plasma, 500:1 Orig.

Abb. 12: 1-tägige Lagerung der Oesophagostomumeier bei +3° C ohne Sauerstoff
2. Bebrütungstag
Einschnürung des Hautschlauches, 400:1 Orig.

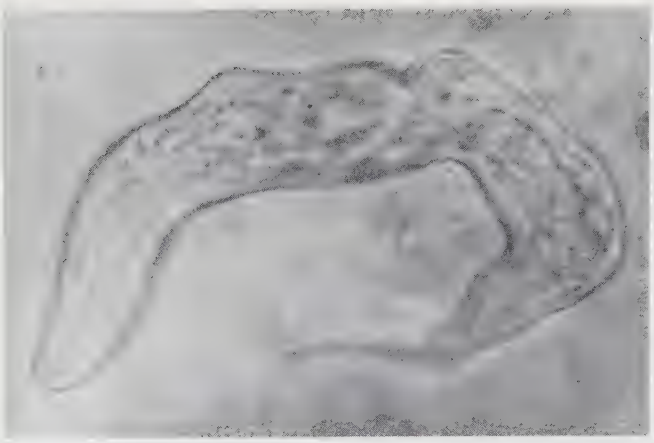


Abb. 13: 2-stündige Lagerung der Oesophagostomumeier bei +40° C mit Feuchtigkeit und Sauerstoff
1. Bebrütungstag
Mißgebildete Larve, 800:1 Orig.

Abb. 14: 1-tägige Lagerung der Oesophagostomumeier bei +40° C mit Feuchtigkeit und Sauerstoff
1. Bebrütungstag
Fortschreitende Auflösung bei einer aus dem Ei geschlüpften Oesophagostomumlarve, 500:1 Orig.

Abb. 15: 1-tägige Lagerung der Oesophagostomumeier bei +40° C mit Feuchtigkeit und Sauerstoff
Versuchsende
Auflösungsvorgänge im Ei bei einer Oesophagostomumlarve, 800:1 Orig.

Abb. 16: 1-tägige Lagerung der Oesophagostomumeier bei +40° C mit Feuchtigkeit und Sauerstoff
Versuchsende
Fortgeschrittene Auflösung im Ei bei einer Oesophagostomumlarve, 800:1 Orig.

IV. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

Die Widerstandsfähigkeit der Askarideneier im Laborversuch gegenüber verschiedenen Temperaturen, Trokkenheit und Sauerstoffabschluß wurde in 180 Einzelversuchen geprüft, wobei 20 Kontrollversuche in optimalem Milieu zum Vergleich hinzugezogen wurden.

Bei den reinen Temperaturversuchen, also in Anwesenheit von Sauerstoff und Feuchtigkeit, sind die Eier bei Zimmertemperatur (18-21° C) in der Lage, sich zu entwickeln, jedoch ist die Entwicklungsgeschwindigkeit stark gemindert. Erst am 25. Tag sind die ersten Larven ausgebildet, deren Anzahl der in den Kontrollversuchen entspricht.
Mit zunehmender Temperatur steigt auch die Schädigungsquote bei den Askarideneiern. Bei Einwirkung von +40° C wird nicht nur eine Entwicklung der Eier verhindert, sondern es findet auch eine Zerstörung statt. Nach 10 Tagen sind nur noch 57,7 % Larven ausgebildet, nach 15 Tagen nur noch 2,7 %. Auffällig ist, daß bei den kurzfristigen Versuchen bis zu 5 Tagen anschließend eine schnellere Anfangsentwicklung im Brutschrank als bei den Kontrollversuchen erfolgt. Es ist daraus zu folgern, daß, bevor der schädigende Einfluß von 40° C wirkt, auf die Eier eine sog. "erhöhte Entwicklungsdisposition" ausgeübt wird, die sie zu diesem schnellen Wachstum und auch zu der hohen Larvenquote befähigt.
Die in der Literatur angegebenen Abtötungszeiten bei 50 und 60° C entsprechen nicht diesen Ergebnissen. Sie liegen nach JETTMAR und EXNER (1951), FRENZEN (1954) und GERMANS (1954) zwischen 5 Minuten bis zu 2 Stunden, bzw. bei 60° C zwischen 5 Sekunden und 1 Minute. LIEBMANN (1953) hält bei dieser Temperatur

eine halbe Stunde zur Abtötung für notwendig. Bei diesen Versuchen erweisen sich die Askarideneier erheblich widerstandsfähiger. Sie werden bei 50° C erst nach 4-tägiger, bei 60° C erst nach 1-stündiger Einwirkungszeit völlig vernichtet.
Diese Unterschiede sind darauf zurückzuführen, daß die Überlebensfähigkeit der Wurmeier mit verschiedenen Methoden geprüft wurde. Es ist jedoch nicht möglich, eine Differenzierung in reversibel und irreversibel geschädigte Eier nur nach morphologischen Kriterien durchzuführen, da sich viele Eier nach einer gewissen Bebrütungszeit wieder erholen und sich noch entwickeln können. Dies wird deutlich dokumentiert durch die sog. aufgehellten Eier, aus denen in vielen Fällen noch Larven hervorgehen, während sie in anderen Fällen zerstört sind. Es ist deshalb immer ratsam, eine Bebrütung durchzuführen, um die Larvenbildung zu untersuchen. Ein Tierversuch dagegen ist nach den schon von JONAS (1970) gemachten Beobachtungen, die sich hier bestätigten, nicht unbedingt nötig, wenn die Larven bescheidet sind, da sie dann in jedem Fall Invasionsfähigkeit besitzen.
Sauerstoffabschluß kann nicht als Schädigungsfaktor angesehen werden. Er bewirkt nur einen Entwicklungsstillstand der Eier, wie die Versuche bei Zimmertemperatur zeigen. Dies entspricht den Ergebnissen von HORSTMANN (1962) an Leberegeleiern und BUCHWALDER (1966). Nach 6-monatiger sauerstofffreier Aufbewahrung differenzieren sich während der anschließenden Bebrütung die Larven noch zu einem Prozentsatz, der mit dem in den Kontrollversuchen vergleichbar ist. Allerdings wird mit zunehmender Versuchsdauer eine Verlangsamung in der Entwicklung erkennbar. BUCHWALDER (1966) spricht in diesem Zusammenhang von einer gewissen "Erholungsphase" der Eier.

Sauerstoffabschluß kann aber unter Umständen auch eine schädigende Wirkung ausüben. Dies tritt dann ein, wenn Sauerstoff bei einer Temperatur fehlt, die schon von sich aus zerstörend wirkt, wie es bei 40° C der Fall ist.
Dieser Entwicklungsunterschied zwischen belüfteten und sauerstofffrei gelagerten Eiern ist bei kurzfristiger Versuchsdauer nur geringfügig, wird bei zunehmender Länge aber deutlicher. Nach 10 Tagen mit Sauerstoff können sich bei 40° C noch 57,7 % Larven entwickeln, ohne Sauerstoff nur 9,5 %. Erst die hohe Temperatur macht also Sauerstoffabschluß zu einem zusätzlichen Schädigungsfaktor.
Bei tiefen Temperaturen von -20° C wird das Fehlen des Sauerstoffs gut vertragen. Alle Eier sind erst nach 2 Monaten abgestorben. Allerdings können hier diese Ergebnisse nicht mit belüfteten Eiern verglichen werden, da kein geeignetes Milieu geschaffen werden kann, unter dessen Einwirkung die Eier nicht absterben und das nicht einfriert und somit eine Sauerstoffzufuhr verhindern würde.
Über die Widerstandsfähigkeit gegenüber Wärme und Trockenheit gehen die Angaben in der Literatur weit auseinander. Während JETTMAR und EXNER (1951) durch die Summation der zwei Noxen, Hitze und Trockenheit, eine schnellere Abtötungszeit bejahen, kommt FRENZEN (1954) zu der Ansicht, daß warme Luft ein schlechterer Wärmeleiter ist als warmes Wasser und somit die Eier gegenüber Trockenheit eine größere Widerstandsfähigkeit besitzen. In diesen Versuchen zeigt sich, daß die Entwicklungsmöglichkeiten bei weitem ungünstiger gestaltet werden, wenn der Faktor Trockenheit hinzukommt. Dabei wird die Schädigungsquote mit zunehmender Temperatur immer größer: Bei Zimmertemperatur sind nach 15 Tagen praktisch alle Eier abgetö-

tet, nur noch 0,3 % sind entwicklungsfähig geblieben, bei 40° C überlebt kein Ei 20-stündige Trockenheit.

Trockenheit beeinträchtigt die Vitalität der Askarideneier also erheblich. Bei gleichzeitig steigender Temperatur wird die Überlebenschance auf ein Minimum reduziert.
Anders liegen die Verhältnisse bei den Eiern, die der Trockenheit bei -20° C ausgesetzt wurden. Hier ergibt sich eine größere Resistenz als gegenüber Sauerstoffabschluß. So entwickeln sich nach 2 Monaten noch 18,3 % und nach 3 Monaten noch 0,7 % Larven. KALBE (1955/56) stellte bei seinen Untersuchungen ebenfalls fest, daß bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt die Sterblichkeit bei Eiern in feuchtem Milieu größer ist als bei Eiern in trockenem Milieu. Nach BROWN (1926) besteht der schädigende Einfluß der Austrocknung auf einer Beeinträchtigung des Gasaustausches durch die trockene Vitellinmembran. Da bei niedrigen Temperaturen die Entwicklung und somit auch der Gasaustausch weitgehend stagnieren, ist dies eine Erklärung dafür, warum bei tiefen Temperaturen die Austrocknung weniger schädigend wirkt als bei hohen Temperaturen. Es geht daraus aber nicht hervor, warum die Schädigung bei fehlendem Sauerstoff und hohen Temperaturen im feuchten Milieu geringer ist als bei Trockenheit, da im ersten Fall ja überhaupt keine Sauerstoffaufnahme stattfinden kann. Bei tiefen Temperaturen jedoch ist die Schädigungsquote infolge fehlenden Sauerstoffs größer, als die durch Austrocknung bedingte. Es muß also bei höheren Temperaturen (+18° bis +40° C) neben einer Beeinträchtigung des Gasaustausches noch eine weitere Schädigung an den Eiern erfolgen, die ein solch schnelles Absterben bewirkt.

Der Übergang dieser Beziehungen, daß Trockenheit einmal schädigender wirkt als Sauerstoffabschluß, bei tiefen Temperaturen jedoch weniger schädigend, liegt nach den vorliegenden Untersuchungen bei +3° C. Wie JONAS (1970) schon beschrieb, wird auch nach 3 Monaten keine nennenswerte Schädigungsquote bei dieser Temperatur verursacht. Zu demselben Ergebnis kommt man, wenn die Eier trocken und auch wenn sie sauerstofffrei gelagert werden. Es ergeben sich zwischen beiden Versuchsreihen nur geringe Differenzen (83,1 %; 90,2 %), die wohl im Rahmen einer normalen Schwankungsbreite der Entwicklung liegen.
Hieraus ist zu ersehen, daß Trockenheit einen schweren Schädigungsfaktor darstellt, der aber weitgehend von der Temperatur mit beeinflußt wird.

Die Ergebnisse bei den dünnschaligen Eiern entsprechen in den meisten Fällen grundsätzlich denen der dickschaligen Askarideneier. Die Lebensdauer ist jedoch infolge der dünnen Eischale jeweils viel kürzer. Bei -20° C sind Oesophagostomum-Eier schon nach 5 Stunden abgetötet, Askarideneier erst nach 2-3 Monaten. Bei Zimmertemperatur zeigt sich eine ähnliche Entwicklungstendenz wie bei den Askarideneiern, allerdings wirkt Sauerstoffabschluß zu einem geringen Prozentsatz schädigend. Bei +3° C ist ein größerer Unterschied festzustellen; es wird keine Art von Konservierung auf die Oesophagostomumeier ausgeübt. Bei Anwesenheit von Sauerstoff und Feuchtigkeit findet ebenfalls ein Entwicklungsstillstand statt, jedoch sind durch die gleichzeitig einwirkenden Schädigungen nach 10 Tagen nur noch 1,7 % und nach 15 Tagen nur noch 1,3 % der Eier entwicklungsfähig. Ohne Sauerstoff sind sämtliche Eier nach 10 Tagen, bei Trockenheit schon nach 5 Tagen abgetötet.

Überraschend ist das Verhalten der Oesophagostomumeier gegenüber 40° C. Trotz ihrer weit geringeren Widerstandskraft als Askarideneier kommt es im Gegensatz zu diesen bei dieser Temperatur zu einer Entwicklung. Allerdings führt eine solche Temperatur nach kurzer Zeit (8 Std.) zu starken Mißbildungen an den Larven und zu anschließender Auflösung. Schon nach 1 Tag sind deshalb keine lebensfähigen Larven mehr vorhanden.
Askarideneier entwickeln sich also immer nach dem "Alles oder Nichts"-Gesetz. Es kommen nur zerstörte Eier oder gesunde Larven vor, während bei den Oesophagostomumeiern auch noch Verkrüppelungen aller Art in verschiedenem Ausmaß auftreten.

Aufgrund dieser Untersuchungen läßt sich klar erkennen, daß in unseren Breiten die Abtötung der dickschaligen Wurmeier unter natürlichen Umweltsbedingungen, wie sie von vielen Autoren untersucht wurde, praktisch nur durch Trockenheit und eventuell hinzukommende fermentative Prozesse, nicht aber durch Sauerstoffabschluß oder Temperatur erfolgt. Bei der Klärung des Abwassers mit Hilfe von Belebtschlammanlagen, wie auch bei der anaeroben Schlammfaulung kann keiner dieser 3 Faktoren die Widerstandsfähigkeit von Wurmeiern beeinträchtigen. Ebenso muß eine Überwinterung der dickschaligen Eier grundsätzlich bejaht werden, während die dünnschaligen Oesophagostomumeier mit Sicherheit die kalte Jahreszeit im Freien nicht überstehen.

V. ZUSAMMENFASSUNG

1) Die Widerstandsfähigkeit der dickschaligen Eier von Ascaris und der dünnschaligen Eier von Oesophagostomum aus Helminthen des Schweines wurde in 357 Einzelversuchen im Laboratorium bei verschiedenen Temperaturen (-20° C, +3° C, Zimmertemperatur, +40° C, teilweise auch +50 und +60° C) bei Anwesenheit bzw. Fehlen von Sauerstoff sowie in trockenem und feuchtem Milieu geprüft.
Die Beurteilung erfolgte während und nach dem Versuch, ferner durch anschließende Bebrütung unter optimalen Bedingungen bei +29° C aufgrund morphologischer Kriterien und der Probeinfektion an Albinomäusen.

2) Askarideneier erwiesen sich in Anwesenheit von Sauerstoff und Feuchtigkeit als sehr widerstandsfähig. Nur bei Temperaturen ab 40° C findet eine irreversible Schädigung statt, deren Quote gleichmäßig mit steigender Temperatur zunimmt. Bei 40° C waren nach 25 Tagen sämtliche Eier entwicklungsunfähig (nach 15 Tagen entwickelten sich nur noch 2-3 % der Eier zu Larven), bei 50° C waren nach 4 Tagen alle Eier zerstört und bei 60° C nach 1 Stunde.

3) Das Fehlen von Sauerstoff bewirkt bei +3° C und Zimmertemperatur nur einen Entwicklungsstillstand der Eier. Bei +3° C haben nach 3 Monaten noch 85,6 %, bei Zimmertemperatur sogar nach 6 Monaten noch 92,2 % der Eier ihre Entwicklungsfähigkeit behalten. Erst bei Temperaturen, die allein schon eine Schädigung der Eier hervorrufen, wird der Sauerstoffmangel zu einem zusätzlichen Schädigungsfaktor. Bei 40° C waren sämtliche Eier nach 15 Tagen entwicklungsunfähig, bei -20° C nach 2 Monaten.

4) Trockenheit hat bei höheren Temperaturen eine stark zerstörende Wirkung (Schädigungsquote bei 18-22° C nach 15 Tagen 97,7 %, bei 40° C nach 8 Stunden 91,0 %), welche die bei Sauerstoffabschluß übertrifft. Bei tiefen Temperaturen (-20° C) überleben dagegen die trocken gelagerten Eier länger (erst nach 3 Monaten waren alle Eier zerstört), während bei +3° C weder der Feuchtigkeitsgrad noch das Sauerstoffangebot von Einfluß auf die Schädigungsquote waren.

5) Das Verhalten der dünnschaligen Oesophagostomumeier entspricht weitgehend dem der dickschaligen Askarideneier, jedoch ist ihre Widerstandskraft weit geringer.

6) Der Temperaturbereich, in dem die Eier überhaupt nicht oder nur geringfügig geschädigt werden, ist bei den Oesophagostomumeiern kleiner als bei den Askarideneiern. So wird auch in Anwesenheit von Feuchtigkeit und Sauerstoff bei +3° C ein stark schädigender Einfluß auf sie ausgeübt. Nach 15-tägiger Versuchsdauer waren 88,7 % der Eier irreversibel geschädigt, nach 30 Tagen 100 %.
Bei 21-23° C wird die Fähigkeit zur Entwicklung nicht eingeschränkt. Alle Eier differenzieren sich zu Larven.
Die Oesophagostomumeier sind im Gegensatz zu den Askarideneiern in der Lage, sich auch bei höheren Temperaturen (+40° C) zu Larven zu entwickeln, die dann jedoch nach 1 Tag alle zerstört und aufgelöst sind.

7) Sauerstoffmangel bewirkt bei -20° C eine sehr schnelle Zerstörung der Oesophagostomumeier. Nach 3 Stunden wurden alle Eier vernichtet. Bei +3° C ohne Sauerstoff ist nach 10 Tagen kein Ei mehr entwicklungsfähig.

8) Trockenheit bei tiefen Temperaturen (-20° C) wirkt auch auf Oesophagostomumeier weniger schädigend als Sauerstoffmangel (alle Eier waren erst nach 5 Stunden irreversibel geschädigt), bei höheren Temperaturen aber weit schädigender. Bei +3° C hatten alle Eier nach 5 Tagen, bei 21-23° C nach 5 Stunden und bei 40° C nach 15 Minuten ihre Fähigkeit zur Weiterentwicklung verloren.

9) Ascaris suum-Eier sterben unter entsprechenden Einflüssen entweder ab oder bilden invasionstüchtige Larven aus, während bei den Larven von Oesophagostomum Mißbildungen auftreten können.

10) Eine schnelle Vernichtung der Askarideneier mit Hilfe der untersuchten Faktoren ist nur möglich durch hohe Temperaturen ab 60° C, oder aber durch Temperaturen von 40° C aufwärts, verbunden mit Trockenheit. Dagegen kann eine schnelle Abtötung von Oesophagostomumeiern auch durch tiefe Temperaturen unter dem Gefrierpunkt erreicht werden.

V. SUMMARY

1) The resistance of the thick shelled eggs of Ascaris and of the thin shelled eggs of Oesophagostomum from Helminth parasites of pigs has been examined in 357 single experiments at different temperatures (-20° C, +3° C, room temperature, +40° C, in some cases also +50° C and +60° C) with or without oxygen as well as in dry and humid atmosphere.
The critical examination was made during and in the end of the experiment and by following incubation under optimal conditions at 29° C on the basis of morphological criterions and the experimental infection with white mice.

2) In the presence of oxygen and humidity eggs of Ascaris were very resistant. An irreversible damage takes place only at temperatures from 40° C and increases constantly at rising temperature. After 25 days at a temperature of 40° C all eggs were unable for development (after 15 days only 2-3 % of the eggs developed into larvae). After 4 days all eggs were destroyed at a temperature of 50° C and at 60° C after 1 hour already.

3) Missing of oxygen at a temperature of +3° C and room temperature has only the effect of a stagnation of development of the eggs.
At a temperature of +3° C 85 % of the eggs still kept their capacity of development after 3 months and at room temperature after 6 months even 92,2 % of the eggs. Only at temperatures, which already cause a damage of the eggs by themselves, the absence of oxygen will be an additional factor of damage.
At +40° C after 15 days all eggs were unable for development and at -20° C after 2 months.

4) Dryness has an intense destroying effect at higher temperatures (rate of damage at 18-22° C after 15 days 97,7 %; at 40° C after 8 hours 91,0 %), which exceeds the effect by isolation of oxygen. At low temperatures (-20° C) the dry storaged eggs survive longer (not before 3 months all eggs were destroyed) whereas at +3° C neither the degree of humidity nor the supply of oxygen has influence at the rate of damage.

5) The behaviour of the thin shelled Oesophagostomum eggs is nearly equivalent to the thick shelled Ascaris eggs, the power of resistance, however, is much lower.

6) The ranges of temperature in which the eggs will not or only slightly be damaged is much smaller at the Oesophagostomum eggs than at the Ascaris eggs. Also in presence of humidity and oxygen at +3° C there is a very damaging influence on these eggs. After 15 days of the period of experiments 88,7 % of the eggs were damaged irreversibly, after 30 days 100 %.
At 21-23° C the capacity of development is not limited. All eggs differentiate into larvae.
Contrary to the Ascaris eggs the Oesophagostomum eggs are able to develop into larvae also at higher temperatures. After 1 day, however, they are all destroyed and dissolved.

7) Oxygen deficiency destroys the Oesophagostomum eggs very quickly at -20° C. After 3 hours all eggs were exterminated. At +3° C without oxygen no egg is capable to develop after 10 days.

8) Dryness at low temperatures (-20° C) is not as damaging for Oesophagostomum eggs as oxygen deficiency (all eggs were not damaged irreversibly before 5 hours), dryness at higher temperature, however, is much more damaging. All eggs lost their capability for development at +3° C after 5 days; at 21-23° C after 5 hours and at 40° C after 15 minutes.

9) Under corresponding influence Ascaris eggs either will be destroyed or develop invasible larvae, whereas it is possible that malformations appear at the larvae of the Oesophagostomum.

10) A rapid destruction of the Ascaris eggs by the examined facts is only possible by high temperatures of 60° C up or by temperatures of 40° C up, combined with dryness. A rapid destroy of Oesophagostomum eggs can also be reached by low temperatures under the freezing point.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

1. BAUMHÖGGER, V.

Spulwurmplage und Abwasserbeseitigung in Darmstadt.
Gesundh.-Ing. 69, 40, 1948

2. BHOWMICK, D. K.

Beiträge zu dem Problem der Wanderwege der Askaridenlarven (Ascaris lumbricoides, Linne 1785 und Toxocara canis, Werner 1782) im experimentellen und natürlichen Wirt.
Z. Parasitenk. 24, 121-168, 1964

3. BOCH, J.

Der Wurmbefall bei Schweinen verschiedenen Alters.
Dtsch. tierärztl. Wschr. 63, 381-384, 1956

4. BOCH, J. und NEUBRAND, K.

Endoparasitenbefall bei Zucht- und Mastschweinen verschiedenen Alters.
Berl. Münch. tierärztl. Wschr. 75, 142-144, 1962

5. BOCH, J. und SUPPERER, R.

Veterinärmedizinische Parasitologie
Paul Parey Verlag, Berlin - Hamburg 1971

6. BORCHERT, A.

Lehrbuch der Parasitologie für Tierärzte
4. Aufl., S. Hirzel-Verlag, Leipzig 1970

7. BORCHERT, A. und KALBE, J.

Über die Widerstandsfähigkeit der Eier von Ascaris lumbricoides bei der natürlichen Kompostierung.
Arch. exp. Vet. med. 9, 142-144, 1955

8. BRAUN, H.

zit. bei FURCHNER, H.-O.:
Über die Lebensfähigkeit von Askarideneiern in Hauskläranlagen.
Vet.-med. Diss., München 1952

9. BROWN, H. W.

Studies on the rate of development and viability of the eggs of Ascaris lumbricoides and Trichuris trichiura under field conditions.
J. Parasit. 14, 1-15, 1928

10. BUCHWALDER, R.

Die Wirkung physikalischer Einflüsse auf die Eier von Ascaris suum.
Angew. Parasit. 7, 202-207, 1966
VEB Verlag Gustav Fischer, Jena

11. DINNIK, J. und DINNIK, N.

Struktur und Ursprung der Eischale bei Nematoden der Unterordnung Trichocephalata.
Z. Parasitenk. 14, 364-376, 1949/50

12. DRUDGE, J. H., LELAND, S. E. J., WYANT, Z. N. und RUST, J. W.

Winter Survival Of Some Cattle Parasites On A Kentucky Pasture With Observations On The Effects Of Low-Level Phenothiazine Treatment.
J. Parasit. 44, 434-438, 1958

13. DUDDINGTON, C. L.

Nematode-destroying Fungi in Agricultural Soils.
Nature (Lond.) 173, 500-501, 1954

14. ENIGK, K.

Verluste bei den Haustieren durch Parasitenbefall und ihre Verhütung.
Dtsch. tierärztl. Wschr. 3, 54-58, 1957

15. ENIGK, K., HILDEBRANDT, J. und TIETJEN, C.

Die Lebensdauer von Helmintheneiern und -larven in Schwemmist.
Berl. Münch. tierärztl. Wschr. 78, 102-105, 1965

16. FIEGEL, B. P.

Die Wirkung von Aktivchlor auf Wurmeier und Wurmlarven.
Vet.-med. Diss. München, 1954

17. FORSTNER, M. J.

Parasitologische Untersuchungen an der Kläranlage Mindelheim zur Beurteilung des Wurmbefalls von Weiderindern des Abwasserverregnungsgebietes.
Berl.-Münch. tierärztl. Wschr. 73, 161-164, 1960

18. FORSTNER, M. J.

Untersuchungen über die Lebensfähigkeit von Wurmeiern in landwirtschaftlich genutzten Abwasserschlämmen aus beheizten Faultürmen.
Wasser- und Abwasser-Forschung 2, 57-61, 1968

19. FORSTNER, M. J.

Die Lebensfähigkeit von Wurmeiern in Abwasserschlamm zentraler Kläranlagen mit unbeheizten und beheizten Faultürmen.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München - Wien 8, 2. Aufl., 94-105, 1970

20. FORSTNER, M. J.

Untersuchungen über die Ansteckungsfähigkeit von Eiern menschen- und tierpathogener Würmer in landwirtschaftlich verwerteten Abwasserschlämmen.
Z. Kulturtechnik u. Flurbereinigung 11, 350-365, 1970

21. FORSTNER, M. J. und SCHÄTZLE, M.

Vorschlag für eine Standardmethode zur Beurteilung der wurmeierabtötenden Wirkung von Abwasserkläranlagen.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München - Wien 13, 58-71, 1966

22. FRENZEN, K.

Biologische Untersuchungen an Ascaridia galli Schrank 1788.
Z. Parasitenk. 16, 214-240, 1954

23. FURCHNER, H.-O.

Über die Lebensfähigkeit von Ascarideneiern in Hauskläranlagen.
Vet.-med. Diss. München 1952

24. GÄRTNER, H. und MÜTING, L.

Beitrag zur Verbreitung der Wurmkrankheiten.
Dtsch. med. Wschr. 74, 881-883, 1949

25. GERMANS, W.

Laboratoriumsuntersuchungen über die Resistenz der Eier des menschlichen Spulwurms Ascaris lumbricoides L.
Z. Parasitenk. 16, 93-110, 1954

26. GÜNTHÖR, J.

Die Einflüsse des Belebtschlammes in Abwasserreinigungsanlagen auf die Lebensfähigkeit von Ascariden- und Leberegeleier.
Vet.-med. Diss. München, 1970

27. HAMM, A.

Wurmeier im Oxydationsgraben einer biologischen Abwasserreinigungsanlage ohne mechanische Vorreinigung.
Z. Parasitenk. 25, 8-9, 1964/65

28. HAUPT, W.

Ein Beitrag zur Morphologie der Knötchenwürmer des Hausschweines, ihrer Eier sowie der dritten invasionstüchtigen Larvenstadien.
Arch. exp. Vet.-Med. 20, 701-711, 1966

29. HORSTMANN, H. J.

Sauerstoffverbrauch und Glykogengehalt der Eier von Fasciola hepatica während der Entwicklung der Miracidien.
Z. Parasitenk. 21, 437-445, 1962

30. ITAGAKI, S.

zit. bei FRENZEN, K.:
Biologische Untersuchungen an Ascaridia galli Schrank 1788.
Z. Parasitenk. 16, 214-240, 1954

31. JAUD, F. X.

Die parasitären Krankheiten unserer Haustiere im Landkreis Landau / Isar unter Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse.
Vet.-med. Diss. München, 1953

32. JETTMAR, M. und EXNER, H.

Thermoresistenzversuche an Ascaris- und Trichuris-Eiern.
Arch. Hyg. (Berl.) 134, 173-186, 1951

33. JONAS, D.

Versuche zur Lebendkonservierung der Eier von Ascaris suum bei tiefen Temperaturen.
Vet.-med. Diss. München, 1970

34. KALBE, J.

Untersuchungen über die Entwicklungsfähigkeit der Eier von Ascaris lumbricoides L. und Parascaris equorum Goeze nach Abwasseraufenthalt und unter anderen biologischen Bedingungen.
Arch. exp. Vet.-Med. 9, 557-568, 1955

35. KALBE, J.

Über das Verhalten der Eier von Ascaris lumbricoides L. in verschiedenen Bodenarten bei unterschiedlichen klimatischen Bedingungen.
Wissensch. Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin 5, 21-27, 1955/56

36. KIZEVAL'TER, J. S. und DEREVICKAJA, V. V.

Vyzivaemost' jaic askarid v pocve v uslovijach moskovskoj oblasti.
(Die Lebensdauer von Ascariseiern im Boden unter den Bedingungen des Moskauer Gebietes.)
Med. Parazitol., Moskva 37, 527-529, 1968

37. LAMINA, J.

Die Entwicklung der in Europa am häufigsten vorkommenden Haustieraskariden im nicht adäquaten Wirt, der Maus.
Z. Parasitenk. 24, 600-662, 1964

38. LEHMANN, O. J.

Der Gehalt des Memminger Abwassers an Eiern von Zooparasiten und deren Verhalten während des Klärprozesses.
Vet.-med. Diss. München, 1954

39. LENTZE, F. A.

Über die Verbreitung von Spul- und Madenwürmern und über die Maßnahmen zu ihrer Bekämpfung vom Standpunkt der öffentlichen Gesundheitspflege. Veröffentl. aus dem Gebiete der Medizinalverwaltung 37, 1-56, 1932

40. LIDLE, H.

Kritische veterinär-medizinische Betrachtungen der landwirtschaftlichen Abwasserverwertung mit speziellen Untersuchungen über die Einwirkung verschiedener Drucke auf Wurmeier und Wurmlarven. Vet.-med. Diss. München, 1954

41. LIEBMANN, H.

Zur Biologie der Methanbakterien.
Gesundh.-Ing. 71, 14-22, 56-59, 1950

42. LIEBMANN, H.

Die Möglichkeiten der Verbreitung von Zooparasiten des Menschen und der Haustiere durch landwirtschaftliche Abwasserverwertung.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München - Wien 1, 21-64, 1953

43. LIEBMANN, H.

Zooparasiten im Abwasser.
Berl. Münch. tierärztl. Wschr. 68, 97-98, 1955

44. LIEBMANN, H.

Das Verhalten von Bandwurmeiern in Kleinkläranlagen mit besonderer Berücksichtigung der Rinderverfinnung.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München - Wien, 10, 169-174, 1963

45. LIEBMANN, H.

Vergleichende Untersuchungen über den Gehalt des Abwassers an Wurmeiern von Großstädten Europas, Nordafrikas und Kleinasiens.
Z. Parasitenk. 25, 10, 1964

46. LIEBMANN, H.

Übertragung von Parasiten durch Wasser und Abwasser.
Z. Parasitenk. 25, 7, 1964/65

47. LIEBMANN, H.

Untersuchungen über Wurmeier in Rohabwässern und Kläranlagen Japans.
Berl. Münch. tierärztl. Wschr. 78, 106-108, 1965

48. LIEBMANN, H.

Folgerungen für die Praxis aus den Ausführungen über die Verwertung und Beseitigung von häuslichen und industriellen Abwasserschlämmen.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München - Wien 13, 327-333, 1966/1

49. LIEBMANN, H.

Die Lebensfähigkeit der Wurmeier unter den verschiedenen Bedingungen der Schlamm- und Müllbehandlung (mit besonderer Berücksichtigung und Bekämpfung der Cystizerkose des Rindes).
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München - Wien 13, 45-53, 1966/2

50. LIEBMANN, H. und BOCH, J.

Die Bedeutung der Endoparasiten bei Haustieren in Süddeutschland.
Berl. Münch. tierärztl. Wschr. 72, 106-109, 1959

51. LIEBMANN, H. und OFFHAUS, K.

Möglichkeiten zur Intensivierung der Schlammausfaulung.
Berichtsheft der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. über die Münchener Tagung 92-104, 1960

52. LOCHER, S.

Die Widerstandsfähigkeit von Zooparasiten gegen Gülle und Jauche.
Vet.-med. Diss. München, 1954

53. LÜHRS, E.

Über die Einwirkung ultravioletter Strahlen auf Parasiteneier.
Dtsch. tierärztl. Wschr. 46, 385-386, 1938

54. LYSEK, H.

Effect of certain soil organisms on the eggs of parasitic roundworms.
Nature (Lond.) 199, 925, 1963

55. MARTIN, P.

Wurmeier in biologischen Abwasseranlagen mit mechanischer Vorreinigung.
Z. Parasitenk. 25, 9-10, 1964/65

56. MENSCHEL, E.

Beobachtungen über Einflüsse des Schlammes in beheizten und unbeheizten Faulräumen auf die Eier des Bandwurmes Taenia saginata.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München - Wien 10, 175-179, 1963

57. MENSCHEL, E.

Verhalten und Beeinflussung der Eier von Taenia saginata in der Kläranlage.
Z. Parasitenk. 25, 8, 1964

58. MINTZLAFF, H.-J.

Der Einfluß verschiedener Bodenarten auf die Ansteckungsfähigkeit von Taenieneiern.
Vet.-med. Diss. München, 1968

59. MUDRACK, K.

Die aerobe Schlammstabilisierung.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München - Wien 13, 290-314, 1966

60. MÜLLER, E.

Untersuchungen über die Lebensdauer von Askarideneiern in Gartenerde.
Zbl. Bakt. I. Orig. 159, 377-379, 1952/53

61. MÜLLER, G.

Zur Frage der Widerstandsfähigkeit von Askarideneiern gegenüber Druck.
Gesundh.-Ing. 72, 281-282, 1951

62. MÜLLER, R.

Medizinische Mikrobiologie.
Verlag Urban u. Schwarzenberg, München - Berlin, 4. Aufl., 54-55, 1950

63. NEMESERI, L. und HOLLO, F.

Tierärztliche Parasitologische Diagnostik.
VEB Gustav Fischer - Verlag, Jena 1964

64. NEUHAUS W. und SIX, F.

Die wirtschaftlichen Verluste durch Leberegelbefall bei Rindern.
Berl.-Münch. tierärztl. Wschr. 78, 67-72, 1965

65. PAVLOV, P., TARTEROV, B., LAZAROV, E. und STOEV, P.

Untersuchungen über die Lebensfähigkeit von Eiern und Larven parasitischer Nematoden im Silagefutter.
Dtsch. tierärztl. Wschr. 65, 239-240, 1958

66. PLÖSSL, J.

Die Lebensfähigkeit von Ascarideneiern unter verschiedenen Umweltsbedingungen.
(Versuche mit Eiern von Toxocara canis)
Vet.-med. Diss. München, 1950

67. REINHOLD, F.

Untersuchungen zur Spulwurmplage in Darmstadt
Gesundh.-Ing. 69, 85-86, 1948

68. RENNER, H.

Über die Möglichkeit der Verbreitung von Ascaris lumbricoides durch Abwasserverregnung und Düngung mit Abwasserschlamm.
Vet.-med. Diss. München, 1951

69. ROMMEL, J. M.

Die experimentelle Infektion des Meerschweinchens mit Haustierparasiten.
Vet.-med. Diss. München, 1961

70. RUF, M.

Die Widerstandsfähigkeit der Eier und Larven von Geflügelnematoden unter natürlichen Umweltbedingungen sowie gegenüber der Einwirkung ultravioletter Strahlen.
Vet.-med. Diss. München, 1955

71. SAUER, J.

Der Einfluß radioaktiver Bestrahlung auf die Lebensfähigkeit von Wurmeiern.
Z. Wasser- u. Abwasser-Forsch. 2, 64-65, 1969

72. SCHÄTZLE, M.

Untersuchungen über den Einfluß von Abwasserschlamm aus einem Oxydationsgraben auf die Lebensfähigkeit von Wurmeiern.
Z. Wasser- u. Abwasser-Forsch. 2, 147-150, 1969

73. SCHLIEPER, C.

Untersuchungen über die Bodenverseuchung in einem Gebiet großer Spulwurmhäufigkeit.
Z. hyg. Zool. u. Schädlingsbekämpfung 37, 137-141, 1949

74. SCHROEDER, H.

Zur Frage der Wurmeier im Abwasser Berlins.
Gesundh.-Ing. 70, 410-416, 1949

75. SCHRÖTTLE, H.

Über die Haltbarkeit von Wurmeiern und Wurmlarven im Dünger.
Vet.-med. Diss. München, 1955

76. SCHUBERT, R.

Maßnahmen zur Vermeidung von Askarideninfektionen.
Dtsch. med. Wschr. 72, 520, 1947

77. SEISER, A.

Landwirtschaftliche Abwasserverwertung und Verwurmungsgefahr.
Gesund.-Ing. 70, 270, 1949

78. SPENGLER, R.

Die Lebensfähigkeit von Eiern und Larven der wichtigsten Wurmparasiten unserer Haustiere in Futtermitteln vor und nach der Trocknung.
Vet.-med. Diss. München, 1955

79. SPRENT, J. F. A.

On the migratory behaviour of the larvae of various Ascaris species in white mice.
J. infect. Dis. 90, 165-176, 1952

80. STROH, R.

Die Möglichkeiten der Vernichtung von Zooparasiten in unbeheizten und beheizten Faulräumen.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München - Wien 8,
1. Aufl., 95-103, 1961

81. SUPPERER, R.

Die Parasiten der Schweine-Diagnose, Pathogenität, volkswirtschaftliche Bedeutung, Bekämpfung.
Wien. tierärztl. Mschr. 42, 215-235, 1955

82. VOGE, M. and HEYNEMANN, D.

Effect Of High Temperature On The Larval Development Of Hymenolepis Nana And Hymenolepis Diminuta. (Cestoda: Cyclophyllidea)
J. Parasit. 44, 249-260, 1958

83. WALLNER, J.

Über die Widerstandsfähigkeit von Wurmeiern und -larven der wichtigsten Haustierparasiten in Futtersilos.
Vet.-med. Diss. München, 1965

84. YASURAOKA, K. und WEINSTEIN, P. P.

Effects of temperature on the development of eggs of Nematospiroides dubius under axenic conditions relative to in vitro cultivation. J. Parasit. 55, 44-50, 1969

85. ZARTNER, H.

Untersuchungen über die Anzahl und den Verbleib von Eiern des Spulwurms "Ascaris lumbricoides" in der Münchener Kläranlage. (Versuche mit Eiern von Hundeascariden) Vet.-med. Diss. München, 1951

An dieser Stelle möchte ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Dr. h.c. H. Liebmann, für die Überlassung des Themas und das stets gezeigte Interesse am Fortgang der Arbeit herzlich danken.

Herrn Privatdozent Dr. M. J. Forstner gilt mein besonderer Dank für die immer gern gewährte Unterstützung, die er mir zur Fertigung dieser Arbeit entgegenbrachte.

Herrn Dr. D. Jonas sowie den Damen und Herren des Zoologisch-Parasitologischen Instituts und der Bayerischen Biologischen Versuchsanstalt möchte ich ebenfalls für die Hilfsbereitschaft bei der Durchführung des praktischen Teils der Arbeit danken.

L E B E N S L A U F

Am 8. Oktober 1942 wurde ich als Sohn des Lehrers Hermann Lünsmann und seiner Ehefrau Käte, geb. Brosch, in Bochum-Linden geboren.
Nach 4 Grundschuljahren besuchte ich 9 Jahre das Märkische Gymnasium in Schwelm, wo ich auch im Februar 1962 die Reifeprüfung bestand.
Im Wintersemester 1962 begann ich an der Tierärztlichen Hochschule in Hannover das Studium der Tiermedizin, das ich im Juni 1970 an der Tierärztlichen Fakultät der Universität München mit dem Staatsexamen abschloß. Die Bestallung als Tierarzt erhielt ich am 27. August 1970.
Am 15. Juni 1970 heiratete ich Fräulein Heidrun Denk aus München.
Im Oktober 1970 begann ich meine Dissertationsarbeit am Zoologisch-Parasitologischen Institut der Universität München. Seit dem 15. Februar 1972 bin ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Isotopenabteilung der Bayerischen Biologischen Versuchsanstalt München beschäftigt.